



SKRIPSI – ME141501
PEMODELAN KEBAKARAN MENGGUNAKAN
PROGRAM FIRE DYNAMIC SIMULATOR (FDS)
STUDI KASUS : KM OTONG KOSASIH

MANUEL DAUD PANJAITAN
4212100134

Dosen Pembimbing:

1. Dr. Eng. TRIKA PITANA ST., M.Sc.
2. ALEIK NURWAHYUDI ST., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



SKRIPSI – ME141501

**FIRE MODELING USING FIRE DYNAMIC SIMULATOR
(FDS) (STUDY CASE : KM OTONG KOSASIH)**

MANUEL DAUD PANJAITAN
4212100134

Supervisor:

1. Dr. Eng. TRIKA PITANA S.T., M.Sc.
2. ALEIK NURWAHYUDI S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty Of Marine Technology
Institute Technology Of Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN KEBAKARAN MENGGUNAKAN PROGRAM FIRE DYNAMIC SIMULATOR (FDS) STUDI KASUS : KM OTONG KOSASIH

SKRIPSI


Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Bidang Studi Marine Reability, Avaibility,
Maintainability and Safety (RAMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem
Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MANUEL DAUD PANJAITAN

NRP 4212 100 134

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

- 1. Dr. Eng. Trika Pitana ST., M.Sc.** ()
- 2. Aleik Nurwahyudi ST., M.Sc.** ()

**SURABAYA
JULY, 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN KEBAKARAN MENGGUNAKAN
PROGRAM FIRE DYNAMIC SIMULATOR (FDS)
STUDI KASUS : KM OTONG KOSASIH**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Bidang Studi Marine Reability, Avaibility,
Maintainability and Safety (RAMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem
Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**MANUEL DAUD PANJAITAN
NRP 4212 100 134**

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



**Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 197708022008011007**

PEMODELAN KEBAKARAN MENGGUNAKAN PROGRAM FIRE DYNAMIC SIMULATOR (FDS) STUDI KASUS : KM OTONG KOSASIH

Nama Mahasiswa : Manuel Daud Panjaitan
NRP : 4212100134
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing :
1. Dr. Eng. Trika Pitana S.T., M.Sc.
2. Aleik Nurwahyudi S.T., M.Sc.

Abstrak :

Kecelakaan kapal terjadi karena kurangnya standar keamanan yang telah diterapkan di Indonesia. Salah satunya merupakan KM Otong Kosasih yang terbakar di perairan sungai Musi, Palembang. Kebakaran pada kapal tersebut terjadi di bangunan atas kapal yaitu dek poop, dek b, dek c dan dek bridge sedangkan pada ruang muat tidak terkena kebakaran. Kebakaran paling parah terjadi di dek bridge sehingga menyebabkan kerusakan pada alat-alat navigasi dan komunikasi. Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan kebakaran menggunakan program *Fire Dynamic Simulator*. Sumber api berasal dari ruang electrician sesuai dengan kesaksian abk kapal yang berada di kapal pada saat kejadian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui persebaran api di dek yang mengalami kebakaran serta evaluasi alat pemadam kebakaran kapal tersebut. Hasil dari pemodelan kebakaran menunjukkan bahwa kebakaran paling parah terjadi di dek bridge. Dek bridge memiliki temperatur paling besar yaitu 700°C. Dan hasil evaluasi alat pemadam kebakaran yaitu memasang 151 sprinkler di dek poop, dek b, dek c dan dek bridge.

Kata kunci : pemodelan kebakaran, *fire dynamic simulator*, alat pemadam kebakaran.

Halaman ini disengaja dikosongkan

FIRE MODELING USING FIRE DYNAMIC SIMULATOR (FDS) (STUDY CASE : KM OTONG KOSASIH)

Nama Mahasiswa : Manuel Daud Panjaitan
NRP : 4212100134
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing :
1. Dr. Eng. Trika Pitana S.T., M.Sc.
2. Aleik Nurwahyudi S.T., M.Sc.

Abstrak :

Marine accidents occur because of lacking security standards applied in Indonesia. One of the case is KM Ootong Kosasih which fire in Musi River, Palembang. This fire was occurred in the superstructures of the ship, including: poop deck, B deck, C deck and bridge deck – whereas cargo deck was not affected. The most severe fire was occurred in the bridge deck which resulted to damaged navigation and communication equipment. In this study, fire modelling is performed using Fire Dynamic Simulator (FDS). According to eye-witness crew, ignition is believed from the electrician room. The objective of this study is to find out fire dispersion on decks where fire took place as well as to evaluate fire extinguisher equipment onboard. The result of fire modelling shows that in bridge deck was occurred the most severe fire. Bridge deck has the highest temperature of 700°C. The result of evaluation on safety equipment confirm that 151 sprinklers are to be installed in poop deck, B deck, C deck and bridge deck.

Keywords : fire modelling, fire dynamic simulator, fire extinguisher

Halaman ini disengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	viii
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah	5
I.3. Batasan Masalah	5
I.4. Tujuan.....	5
I.5. Manfaat Tugas Akhir	6
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1. Deskripsi KM Otong Kosasih	7
2.2. Alat Penolong yang Terdapat pada Kapal.....	7
2.3. Tindakan untuk Keselamatan di atas Kapal	9
2.4. Peraturan Keselamatan untuk Pencegahan Kebakaran.....	12
2.5. Pencegahan Kebakaran	17
2.6. Proses Terjadinya Api.....	21
2.7. Pemodelan Kebakaran.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Perumusan Masalah	33
3.2 Studi Literatur	33
3.3 Pengumpulan Data	33
3.4 Pemodelan Kebakaran.....	34
3.5 Perbandingan Hasil Pemodelan Kebakaran dengan Profil Kerusakan	34
3.6 Penyebab/Asal Kebakaran	34
3.7 Analisa Alat Pemadam Kebakaran Kapal	34
3.8 Evaluasi Alat Pemadam Kebakaran	34
3.9 Rekomendasi.....	35
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Umum	37
4.2 Data.....	37
4.3 Pengolahan Data	45
4.4 Pemodelan Kebakaran	51

4.5	Analisa Alat Pemadam Kebakaran.....	81
4.6	Evaluasi Alat Pemadam Kebakaran	84
4.7	Rekomendasi terhadap Peraturan Pemerintahan	94
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		97
5.1	Kesimpulan	97
5.2	Saran	98
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		

Daftar Tabel

Tabel 1. 1 Data Kecelakaan kapal yang diinvestigasi KNKT tahun 2007-2016 (Mei)	1
Tabel 2. 1 Penggunaan Jenis Pemadam Kebakaran Jinjing.....	14
Tabel 2. 2 Persyaratan Peraturan Peletakan Fire Detector.	16
Tabel 4. 1 Kelengkapan Alat Pemadam Kebakaran.....	44

Halaman ini disengaja dikosongkan

Daftar Gambar

Gambar 1.1 <i>Port side</i> Kapal yang terbakar	3
Gambar 1.2 <i>Starboard</i> Kapal tidak terbakar	4
Gambar 1.3 Ruang Navigasi Kapal yang terbakar	4
Gambar 2. 1 Segitiga Api	21
Gambar 2. 2 Piramida Api.....	22
Gambar 2. 3 Tahap-tahap Kebakaran.....	25
Gambar 4. 1 <i>Layout</i> Dek Poop.....	38
Gambar 4. 2 <i>Layout</i> Dek B	38
Gambar 4. 3 <i>Layout</i> Dek C	39
Gambar 4. 4 <i>Layout</i> Dek Bridge	39
Gambar 4. 5 Ruang Navigasi	40
Gambar 4. 6 Alat Pemadam Kebakaran di Dek Poop	42
Gambar 4. 7 Alat Pemadam Kebakaran di Dek B.....	43
Gambar 4. 8 Alat Pemadam Kebakaran di Dek C.....	43
Gambar 4. 9 Alat Pemadam Kebakaran di Dek Bridge.....	44
Gambar 4. 10 <i>Layout</i> 2 Dimensi Dek Poop.....	46
Gambar 4. 11 <i>Layout</i> 2 Dimensi Dek C	47
Gambar 4. 12 <i>Layout</i> 2 Dimensi Dek B	47
Gambar 4. 13 <i>Layout</i> 2 Dimensi Dek Bridge	48
Gambar 4. 14 <i>Layout</i> 3 Dimensi Dek Poop.....	49
Gambar 4. 15 <i>Layout</i> 3 Dimensi Dek B	49
Gambar 4. 16 <i>Layout</i> 3 Dimensi Dek C	50
Gambar 4. 17 <i>Layout</i> 3 Dimensi Dek C	50
Gambar 4. 18 Pengaturan material	52
Gambar 4. 19 Pengaturan surface.....	53
Gambar 4. 20 Pengaturan untuk thermocouple	54
Gambar 4. 21 Running simulasi selama 1000 detik	54
Gambar 4. 22 Tahap penyalan api di ruang electrician pada 2s	55
Gambar 4. 23 Tahap tangga port side di dek poop terbakar pada 10s	55
Gambar 4. 24 Tahap api menjalar ke dek B pada 21s	56
Gambar 4. 25 Tahap api membesar di dek B pada 137s	56
Gambar 4. 26 Tahap api menyebar ke dek c	57

Gambar 4. 27 Tahap api membesar di dek c	58
Gambar 4. 28 Tahap api menyebar ke dek bridge	58
Gambar 4. 29 Tahap api membesar di dek bridge	59
Gambar 4. 30 Kerapatan asap pada 2s.....	60
Gambar 4. 31 Kerapatan asap pada 10 s.....	60
Gambar 4. 32 Kerapatan asap pada 21 s.....	61
Gambar 4. 33 Kerapatan asap pada 137 s.....	61
Gambar 4. 34 Kerapatan asap pada 204 s.....	62
Gambar 4. 35 Kerapatan asap pada 505 s.....	63
Gambar 4. 36 Kerapatan asap pada 557 s.....	63
Gambar 4. 37 Kerapatan asap pada 761 s.....	64
Gambar 4. 38 Grafik temperatur ruang electrician	65
Gambar 4. 39 Grafik temperatur ruang c/stew	65
Gambar 4. 40 Grafik temperatur ruang c/cook.....	66
Gambar 4. 41 Grafik temperatur ruang offr's lounge	66
Gambar 4. 42 Grafik temperatur ruang dirty line lkr.....	67
Gambar 4. 43 Grafik temperatur ruang loundry	68
Gambar 4. 44 Grafik temperatur ruang bosun	68
Gambar 4. 45 Grafik temperatur ruang eng/foreman	69
Gambar 4. 46 Grafik temperatur ruang 4/eng.....	70
Gambar 4. 47 Grafik temperatur ruang officer mess	70
Gambar 4. 48 Grafik temperatur ruang galley	71
Gambar 4. 49 Grafik temperatur ruang crew mess.....	71
Gambar 4. 50 Grafik temperatur ruang 2/off.....	72
Gambar 4. 51 Grafik temperatur ruang c/off 1	73
Gambar 4. 52 Grafik temperatur ruang c/off 2	73
Gambar 4. 53 Grafik temperatur ruang nosp	74
Gambar 4. 54 Grafik temperatur ruang 2/eng.....	75
Gambar 4. 55 Grafik temperatur ruang 3/eng.....	75
Gambar 4. 56 Grafik temperatur ruang c/eng office.....	76
Gambar 4. 57 Grafik temperatur ruang c/off office.....	76
Gambar 4. 58 Grafik temperatur ruang off spare	77
Gambar 4. 59 Grafik temperatur ruang capt state.....	78
Gambar 4. 60 Grafik temperatur ruang c/eng state.....	78
Gambar 4. 61 Grafik temperatur ruang radio	79

Gambar 4. 62 Grafik temperatur ruang radio office.....	80
Gambar 4. 63 Grafik temperatur ruang wheel house	80
Gambar 4. 64 Peletakan Alat pemadam kebakaran di Poop Deck	81
Gambar 4. 65 Peletakan Alat pemadam kebakaran di C Deck....	82
Gambar 4. 66 Peletakan Alat pemadam kebakarandi B Deck.....	83
Gambar 4. 67 Peletakan Alat pemadam kebakaran di Bridge Deck	84
Gambar 4. 68 Evaluasi alat pemadam kebakarandi poop deck ...	86
Gambar 4. 69 Evaluasi alat pemadam kebakaran di B deck	87
Gambar 4. 70 Evaluasi alat pemadam kebakaran di C Deck.....	88
Gambar 4. 71 Evaluasi alat pemadam kebakaran di dek bridge..	89
Gambar 4. 72 Simulasi kebakaran di dapur pada 150.3 detik tanpa sprinkler	90
Gambar 4. 73 Temperatur ruangan dapur pada simulasi tanpa sprinkler.....	91
Gambar 4. 74 Simulasi kebakaran di dapur pada 150.3 detik dengan sprinkler	92
Gambar 4. 75 Temperatur ruangan dapur pada simulasi dengan sprinkler.....	93

Halaman ini disengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari belasan ribu pulau. Setiap daerah di Indonesia memiliki potensi alam yang berbeda. Oleh karena itu Indonesia sangat bergantung pada kapal sebagai alat pengangkut barang/kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pemeliharaan kapal seharusnya mendapatkan perhatian yang seksama dari pemerintah dan masyarakat sehingga kecelakaan kapal dapat dicegah yang dapat merugikan banyak hal baik jiwa dan materi. Dari Gambar 1.1 di bawah ini menunjukkan data kapal yang telah diinvestigasi oleh pihak KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) dari tahun 2007-2016 kecelakaan kapal yang sebagian besar disebabkan oleh kebakaran kapal. Hal ini semestinya membuat organisasi maritim di Indonesia perlu melihat kembali konsep yang sudah ada yang ternyata belum mampu menyelesaikan masalah kecelakaan kapal yang disebabkan kebakaran.

Tabel 1. 1 Data Kecelakaan kapal yang diinvestigasi KNKT tahun 2007-2016 (Mei)

	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Jenis Kecelakaan				Korban Jiwa	
			Tenggelam	Kebakaran/ Meledak	Tubrukan	Yang Lainnya	Meninggal/ Hilang	Luka-Luka
1	2007	7	4	3	0	0	100	104
2	2008	5	2	3	0	0	10	51
3	2009	4	2	1	1	0	447	0
4	2010	5	1	1	3	0	15	85
5	2011	6	1	3	2	0	86	346
6	2012	4	0	2	2	0	13	10
7	2013	6	2	2	2	0	65	9
8	2014	7	2	3	2	0	22	4

9	2015	10	2	4	2	2	8	0
10	2016	4	1	1	0	2	13	10
TOTAL		58	17	23	14	4	779	614

Sampai saat ini berbagai organisasi nasional dan internasional terus melakukan perbaikan regulasi yang diterapkan untuk mengatur keselamatan pada kapal. Perbaikan yang dilakukan diharapkan mengacu dari hasil kecelakaan yang telah terjadi sebelumnya yang disebabkan oleh masalah konstruksi, deteksi kebakaran, peralatan keselamatan, prosedur evakuasi serta pelatihan-pelatihan yang dilakukan untuk anak buah kapal. Namun di saat banyak perbaikan regulasi yang dilakukan untuk meningkatkan keselamatan kapal terjadi kecelakaan kapal KM Otong Kosasih yang berlayar di perairan sungai musi pada tanggal 20 September 2015.

Menurut NFPA (*National Fire Protection Association*) (1992), kebakaran merupakan sebagai peristiwa oksidasi dimana bertemunya udara, dan panas yang dapat berakibat menimbulkan kerugian harta benda atau cedera bahkan kematian manusia. Kebakaran juga secara umum dapat diartikan sebagai peristiwa atau kejadian timbulnya api yang tidak terkendali yang dapat membahayakan keselamatan jiwa maupun harta benda (Perda DKI No.8/2008). Pada kondisi ini perlu dilakukan peningkatan penelitian mengenai keselamatan kapal khususnya terkait kebakaran kapal. Sangat diperlukan regulasi yang dapat menangani masalah kebakaran kapal. Hal ini harus diatasi segera mungkin mengingat ketergantungan negara Indonesia sebagai negara kepulauan menggunakan kapal sebagai alat transportasi baik untuk manusia maupun untuk pengangkutan barang berupa sumber daya alam dan lain-lain.

Pada kasus KM Otong Kosasih ini terjadi kebakaran pada bangunan atas kapal sedangkan untuk ruang muat kapal tidak mengalami kebakaran. Kerusakan yang paling parah terjadi pada anjungan kapal jika dibandingkan dengan dek lainnya pada bangunan atas kapal. Semua peralatan navigasi kapal habis

terbakar semua. Dek *upper* tidak terkena kebakaran sedangkan dek poop, dek b dan dek c mengalami kebakaran pada bagian *port side* kapal sedangkan dek mengalami kebakaran bagian *starboard* dan *port side* kapal . Hipotesa awal asal mula api berada di dek poop pada ruang *electrician*.



Gambar 1.1 *Port side* Kapal yang terbakar



Gambar 1.2 *Starboard* Kapal tidak terbakar



Gambar 1.3 Ruang Navigasi Kapal yang terbakar

Pada penelitian ini akan dianalisa mengenai pemodelan kebakaran yang terjadi di KM Otong kasasih. Dari pemodelan kebakaran ini akan mengetahui sebaran api dan diharapkan akan menemukan asal penyebab terjadinya kebakaran pada kapal tersebut. Pemodelan kebakaran akan menggunakan aplikasi *Fire Dynamic Simulator*.

I.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana pemodelan kebakaran yang terjadi di bangunan atas kapal yang dihasilkan oleh FDS (Fire Dynamic Simulator)?
2. Analisa dan evaluasi kelengkapan serta penempatan alat pemadam kebakaran
3. Rekomendasi mengenai sistem pemadam kebakaran terhadap Peraturan Pemerintahan.

I.3. Batasan Masalah

Fokus permasalahan pada Tugas Akhir ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian pada kapal KM Otong Kosasih
2. Pemodelan kebakaran akan di lakukan pada dek kapal yang terbakar dengan program *Fire Dynamic Simulator*
3. Proses analisa dan evaluasi kelengkapan serta penempatan alat pemadam kebakaran pada dek kapal yang terbakar.

I.4. Tujuan

1. Mengetahui persebaran kebakaran yang terjadi pada dek yang mengalami kebakaran.
2. Menganalisa dan mengevaluasi kelengkapan serta penempatan alat pemadam kebakaran.
3. Memberikan rekomendasi terhadap Peraturan Pemerintahan mengenai sistem pemadam kebakaran.

I.5. Manfaat Tugas Akhir

Dari penelitian yang dilakukan, diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang membutuhkan. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain :

1. Memberi rekomendasi bagi designer kapal mengenai pemahaman hal-hal yang dapat menyebabkan kebakaran.
2. Memberi kontribusi berupa pengetahuan dan pemahaman mengenai Fire Dynamic Simulator
3. Memberikan rekomendasi mengenai sistem pemadam kebakaran kapal terhadap peraturan pemerintah

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Deskripsi KM Otong Kosasih

KM. Otong Kosasih (IMO No. 7518537) merupakan kapal angkutan muatan curah khusus (Specialised bulk carrier) untuk angkutan urea. Kapal dibangun pada tahun 1976 dengan bahan dasar baja di Mitsubishi Heavy Industry LTD, Yokohama Shipyards & Engine Works, Jepang. Pada saat kejadian kapal dalam kepemilikan PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dan dioperasikan oleh PT. Pusri Indonesia Logistik (PILOG). Kapal diklasifikasi pada PT. Biro Klasifikasi Indonesia. Ukuran utama dari KM. Otong Kosasih adalah sebagai berikut:

Panjang Keseluruhan (Length Over All)	: 110.03 m
Panjang antar garis tegak (Perpendicular)	: 109.4 m
Lebar Keseluruhan (Breadth)	: 20.00 m
Tinggi (Height)	: 10.00 m
Sarat (draught)	: 6.03 m
Bobot Mati	: 9 199 ton
Tonase Kotor (GT)	: 7451
Tonase Bersih (NT)	: 2344
Lambung Timbul	: 3700 mm

Untuk berolah gerak, kapal dilengkapi dengan dua unit mesin induk *merk* Daihatsu dengan daya masing-masing 2500 HP. Dengan daya mesin tersebut, kapal dapat bergerak pada kecepatan operasional 10 knot.

2.2. Alat Penolong yang Terdapat pada Kapal

Keselamatan Kapal adalah keadaan kapal yang memenuhi persyaratan material, konstruksi, bangunan, permesinan dan perlistrikan, stabilitas, tata susunan serta perlengkapan termasuk perlengkapan alat penolong dan radio, elektronik kapal, yang dibuktikan dengan sertifikat setelah dilakukan pemeriksaan dan

pengujian. (UU Pelayaran No 17 tahun 2008). Berikut merupakan ketentuan mengenai alat penolong berdasarkan Peraturan Pemerintah tahun 2000 adalah sebagai berikut.

1. Pasal 70

1. Kapal sesuai dengan jenis, ukuran dan daerah pelayarannya harus memiliki alat penolong.
2. Alat penolong sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - a. dibuat dari bahan dan mutu yang memenuhi syarat;
 - b. mempunyai konstruksi dan daya apung yang baik, sesuai dengan kapasitas dan beban yang ditentukan;
 - c. diberi warna yang menyolok sehingga mudah dilihat;
 - d. telah lulus uji coba produksi dan uji coba pemakaian dalam pengoperasian dan diberi tanda legalitas;
 - e. telah lulus uji coba produksi dan uji coba pemakaian dalam pengoperasian dan diberi tanda legalitas
 - f. di tempatkan pada tempat sesuai dengan ketentuan yang berlaku
3. Alat penolong sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) terdiri dari:
 - a. Alat penolong perorangan
 - b. Sekoci penolong
 - c. Rakit penolong kembang
 - d. Rakit penolong tegar
 - e. Sekoci penyelamat
 - f. Alaat apung
 - g. Alat peluncur

2. Pasal 71

1. Alat penolong di kapal harus dipelihara dan dirawat dengan persyaratan.
2. Pemeliharaan dan perawatan jenis alat penolong tertentu yang memerlukan pemeliharaan dan perawatan di darat, harus dilakukan pada bengkel pemeliharaan dan perawatan yang diakui.

2.3. Tindakan untuk Keselamatan di atas Kapal

Keselamatan dan Keamanan Pelayaran adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dan keamanan yang menyangkut angkutan di perairan, kepelabuhanan, dan lingkungan maritim. Peralatan yang telah dipenuhi oleh kapal tentu saja akan menunjang keselamatan jika kapal berada dalam kondisi bahaya dan darurat. Selain memenuhi alat-alat keselamatan tentu saja perlu juga diketahui tindakan-tindakan yang harus dilakukan pada saat kapal berada pada keadaan bahaya dan darurat. Hal ini menjadi sangat penting karena jika salah mengambil tindakan, kondisinya bukan untuk menyelamatkan tetapi sebaliknya yaitu semakin membahayakan penumpang, awak kapal, muatan dan kapal. Berikut merupakan tindakan yang seharusnya dilakukan untuk keselamatan diatas kapal yang telah dirancang dalam peraturan pemerintah tahun 2002 tentang perkapalan.

3. Pasal 81

1. Kapal sesuai dengan dan ukuran harus memiliki peralatan alarm darurat umum, yang dapat dioperasikan dari anjungan atau tempat lainnya disertai tuntunan latihan.
2. Peralatan alarm darurat umum harus dapat dioperasikan dengan sumber arus listrik dari sumber tenaga listrik utama atau dari sumber tenaga listrik darurat.

3. Ketentuan lebih lanjut mengenai persyaratan perlengkapan keseharian sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) diatur dalam keputusan Menteri.
4. Pasal 82
 1. Di setiap kapal harus ada sijil berkumpul yang menyebutkan rincian dari isyarat alarm keadaan darurat umum dan tindakan yang harus diambil oleh anak buah kapal serta penumpang pada waktu alarm dibunyikan dan juga harus menjelaskan perintah meninggalkan kapal yang diberikan.
 2. Sijil berkumpul harus menunjukan tugas- tugas yang diwajibkan kepada perwira -perwira kapal dan anak buah kapal lainnya serta harus selalu siap diperiksa pada saat kapal akan berlayar.
 3. Di setiap kapal yang memiliki sekoci harus tersedia sijil sekoci yang memuat petunjuk bagi anak buah kapal dan penumpang untuk menempati sekoci penolong apabila dalam keadaan bahaya dan ada perintah nahkoda meninggalkan kapal.
5. Pasal 83
 1. Di kapal penumpang yang memiliki tonase kotor 150 (GT. 150) atau lebih dan di kapal barang yang memiliki tonase kotor 300 (GT. 300) atau lebih harus ada sijil darurat bagi awak kapal dan penumpang,sehubungan dengan kebakaran, kebocoran,orang jatuh kelaut dan meninggalkan kapal.
 2. Pada setiap sijil harus dinyatakan tugas dan tanggung jawab masing- masing awak kapal dan kewajiban pelayar dalam keadaan darurat.
6. Pasal 84

1. Semua peralatan baik yang tetap maupun yang dapat dipindah harus dipelihara dan dirawat dengan baik serta setiap saat dapat digunakan.
 2. Anak buah kapal harus terlatih dalam hal yang perlu mereka lakukan bila terjadi musibah atau meninggalkan kapal dan jika mungkin bagi pelayar lainnya.
 3. Pada saat keberangkatan kapal dari pelabuhan, petugas yang melakukan dinas jaga pertama harus mendapatkan waktu istirahat yang cukup
 4. Ketentuan lebih lanjut memelihara dan perawatan serta pelatihan anak buah kapal dan pelayar sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) dan ayat (2) diatur dengan keputusan Menteri
7. Pasal 85
1. Di kapal yang memiliki tonase kotor 500 (GT.500) atau lebih harus diselenggarakan dinas ronda yang tepat guna sehingga setiap ada musibah dapat dengan segera diketahui.
8. Pasal 86
1. Latihan peran kebakaran, peran kebocoran, peran pertolongan orang jatuh kelaut dan peran meninggalkan kapal dilakukan 1(satu) kali dalam 1 (satu) minggu atau paling sedi kit 1 (satu) kali dalam pelayaran jika lama berlayar kurang dari 1(satu) minggu.
 2. Peralatan yang digunakan setiap latihan harus digunakan secara bergiliran dan bergantian.

3. Setiap selesai latihan masing- masing peran, wajib ditulis dibuku harian kapal dengan catatan tingkat keberhasilan dari setiap latihan peran.

2.4. Peraturan Keselamatan untuk Pencegahan Kebakaran

A. Kotak Pemadam Kebakaran (*Hydrant Box*)

Kotak pemadam kebakaran terdiri dari selang pemadam kebakaran dan *nozzle*. Berikut adalah peraturan yang mengatur peralatan tersebut :

1. Selang Pemadam Kebakaran

Selang kebakaran harus dibuat dari bahan yang tidak mudah rusak dan harus tetap dalam keadaan siap pakai. Peletakkannya ditempat - tempat yang mudah dijangkau dan letaknya dekat dengan tempat hidran atau sambungan layanan air. Untuk kapal penumpang yang mengangkut lebih dari 36 orang, pada selang kebakaran itu harus disambungkan dengan hidran setiap saat. Selang pemadam kebakaran memiliki panjang minimal 10 m. Untuk lebih lengkapnya berikut merupakan panjang maksimal selang pemadam kebakaran berdasarkan tempat.

- a. 15 m di ruang kamar mesin
- b. 20 m di geladak terbuka dan tempat-tempat lainnya
- c. 25 m untuk geladak terbuka dengan panjang kapal dengan lebar 30 m

Untuk kapal kargo dengan 1000 GT atau lebih, jumlah selang pemadam kebakaran harus disediakan minimal 1 setiap 30 m panjang kapal serta dilengkapi dengan satu cadangan, tetapi tidak boleh kurang dari

5 secara keseluruhan. Jumlah tersebut tidak termasuk dengan kebutuhan yang ada di kamar mesin atau ruang boiler.

2. Nosel (*Nozzle*)

Ukuran diameter standar untuk nosel antara lain : 12 mm, 16 mm, atau 19 mm. Pada ruang akomodasi dan ruang layanan digunakan nosel ukuran diameter 12 mm. Sedangkan pada ruang mesin dan tempat - tempat di luar, ukuran nosel harus sedemikian rupa sehingga dapat diperoleh pengeluaran semaksimal mungkin, akan tetapi tidak lebih besar dari 19 mm.

B. Pemadam Kebakaran Jinjing (*Fire Extinguisher*)

Pemadam kebakaran jinjing (fire extinguisher) dirancang untuk dapat dibawa dan dioperasikan dengan tangan sehingga total kapasitas berat dari pemadam kebakaran jinjing tersebut tidak melebihi 23 kg. Ruang akomodasi, ruang layanan, dan stasiun kontrol juga harus dilengkapi dengan pemadam kebakaran jinjing tersebut. Pada kapal dengan berat kotor 1.000 GT atau lebih minimal terdapat 5 buah fire extinguisher. Terdapat bermacam-macam fire extinguisher, antara lain :

1. Dry Powder *Fire Extinguisher*
2. *Foam Fire Extinguisher*
3. *CO2 Fire Extinguisher*
4. *Water Fire Extinguisher*

Untuk *dry powder fire extinguisher* dan *co2 fire extinguisher* memiliki kapasitas minimal 5 kg sedangkan untuk *foam fire exnguisher* memiliki kapasitas minimal 9 liter. Penggunaan jenis pemadam kebakaran jinjing tersebut juga harus tepat terhadap media penyebab

kebakarannya. Berikut merupakan tabel penggunaan jenis media pemadam kebakaran jinjing yang disesuaikan dengan media penyebab kebakaran.

Tabel 2. 1 Penggunaan Jenis Pemadam Kebakaran Jinjing.

Jenis Pemadam Kebakaran Jinjing	Jenis Media Penyebab Kebakaran
Water	Wood, paper, textiles and similar materials
Foam	Wood, paper, textiles and flammable liquids
Dry powder/dry chemical (standard)	Flammable liquids, electrical equipment and flammable gases
Dry powder/dry chemical (multiple or general purpose)	Wood, paper, textiles, flammable liquids, electrical equipment and flammable gases
Dry powder/dry chemical (metal)	Combustible metals
Carbon dioxide	Flammable liquids, electrical equipment and flammable gases
Hallogenated hydrocarbons (Halons)	Flammable liquids, electrical equipment and flammable gases.

Alat pemadam kebakaran jinjing harus diletakkan di tempat yang mudah dijangkau sehingga jika terjadi kebakaran dapat digunakan dengan mudah dan cepat. Alat pemadam kebakaran jinjing tersebut juga dapat digunakan kapan saja, tidak terhalang oleh cucac, getaran atau factor ekstenal lainnya.

C. Alarm Kebakaran (*Fire Alarm*)

Alarm kebakaran diletakkan pada tempat dimana penumpang dan awak kapal dapat mendengar saat alarm kebakaran diaktifkan. Alarm kebakaran dilengkapi dengan penekan manual (*switch on*) untuk mengaktifkan alarm dan dilindungi.

- D. Kapal yang memuat penumpang lebih dari 36 orang harus memiliki alat pendeteksi kebakaran yang tetap. Sistem alarm kebakaran harus dipasang dan disusun untuk mendukung pendeteksi asap di ruangan -ruangan publik, pusat kontrol / kemudi dan ruang akomodasi, termasuk koridor, tangga, dan rute penyelamatan. Alat pendeteksi kebakaran dibagi menjadi 2, yaitu : Detektor Panas (*Heat Detector*), Detektor Asap (*Smoke Detector*), atau Detektor Asap - Panas (*Smoke – Heat Detector*). Di bawah ini adalah tata letak dan jarak peletakan dari pemasangan *fire detector* :

1. Detektor Panas (*Heat Detector*)

Detektor panas akan berfungsi sebelum temperature melebihi 78°C , tetapi tidak sampai temperature melebihi 54°C , dengan laju kenaikan temperature kurang dari 1°C permenit. Detektor panas akan berfungsi melebihi suhu tersebut ditempat yang memiliki suhu yang lebih tinggi dari ruangan biasanya seperti di ruang pengering detector panas akan berfungsi pada suhu 130°C dan di ruang sauna

detektor panas akan berfungsi pada suhu 140°C . Detektor panas harus dipasang pada ruang akomodasi, ruang pelayanan, dan stasiun pengontrol.

2. Detektor Asap (*Smoke Detector*)

Detektor asap harus dipasang pada semua tangga, koridor dan jalur evakuasi dalam ruang akomodasi. Detektor asap harus berfungsi sebelum kepadatan asap melebihi 12.5% bagian per meter, tetapi detector asap tidak perlu berfungsi apabila kepadatan asap melebihi 2% bagian per meter. Pertimbangan-pertimbangan harus diberikan untuk instalasi dari detektor asap dengan maksud khusus dalam saluran ventilasi. Tabel di bawah ini adalah peraturan peletakan alat pendeteksi kebakaran :

Tabel 2. 2 Persyaratan Peraturan Peletakan Fire Detector.

Jenis Detektor	Luas Lantai Maksimum Setiap Detektor	Jarak Maksimum Antar Pusat	Jarak Maksimum Dari Sekat
Panas	37 m^2	9 m	4.5 m
Asap	74 m^2	11m	5.5 m

E. *Sprinkle*

Sprinkle adalah alat bantu pemadam kebakaran berupa saluran air yang menyembrot dari langit - langit saat diaktifkan jika terjadi kebakaran. Sistem *sprinkler* otomatis adalah kombinasi dari deteksi panas dan pemadaman yang bekerja sama otomatis penuh tanpa bantuan manusia. *Sprinkler* akan berfungsi pada suhu sekitar 68°C sampai 79°C , kecuali yang dipasang dilokasi ruang pengering yang dapat memiliki suhu tinggi. Pada ruang tersebut sprinkler akan berfungsi tidak melebihi 30°C diatas suhu maksimum. *Sprinkler* harus dapat berfungsi menyembrotkan air secara berkelanjutan selama 30 menit.

F. Kotak Pasir (*Sand Box*)

Pada setiap ruang pemadam kebakaran harus ada wadah yang berisi pasir, serbuk gergaji yang dicampur dengan soda, atau material kering yang lain untuk alat bantu pemadam kebakaran.

G. Denah Keselamatan (*Safety Plan*)

Untuk kapal yang mengangkut lebih dari 36 orang penumpang diwajibkan memasang denah keselamatan di tempat umum (publik) agar penumpang dan awak kapal dapat mengetahui tempat evakuasi jika terjadi kebakaran atau kecelakaan di kapal.

H. Tata Susunan Peralatan Pemadam Kebakaran

Tata susunan harus sedemikian rupa sehingga dapat menjamin sekurang - kurangnya $\frac{2}{3}$ gas yang dibutuhkan ruang tersebut harus masuk selama 10 menit. Dalam ruang muatan harus dipasang sistem pemadam kebakaran. Sistem pemadam kebakaran gas lain atau sistem pemadam kebakaran dengan busa ekspansi tinggi dapat dipasang dengan syarat dapat memberikan perlindungan yang sepadan. Selanjutnya setiap ruang muatan yang didesain hanya untuk kendaraan yang tidak mengangkut muatan dapat dipasang dengan sistem pemadam kebakaran hidrokarbon berhalogen

2.5. Pencegahan Kebakaran

Setiap kapal harus memenuhi persyaratan sesuai regulasi Agar kapal tersebut layak beroperasi. Semakin banyak kapal yang tidak memenuhi maka semakin besar peluang kapal akan mengalami kecelakaan yang disebabkan tubrukan, tenggelam maupun kebakaran. Dalam ketentuan-ketentuan mengenai

Pencegahan Kecelakaan diatas Kapal di Laut dan di Pelabuhan terjemahan dari *Accident Prevention in Board Ship at Sea and in Port* dari ILO (*Intenational Labour Office*) terdapat beberapa ketentuan yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kebakaran yaitu :

A. Merokok

- Merokok hanya diperbolehkan di tempat-tempat khusus untuk merokok dan instruksi-instruksi serta peringatan peringatan mengenai larangan merokok harus ditempelkan di tempat- tempat yang mudah dilihat
- Membuang batang korek api serta puntung rokok yang masih menyala tidak ditempatnya sangatlah berbahaya, asbak-asbak atau kotak puntung rokok harus tersedia dan ditempatkan di tempat khusus untuk merokok
- Para pelaut/awak kapal harus diingatkan akan bahayanya merokok di tempat tidur

B. Perlengkapan listrik dan lain-lainnya (*electrical and other fittings*)

- Orang-orang yang tidak mempunyai wewenang tidak boleh menangani pekerjaan-pekerjaan yang terkait dengan peralatan dan perlengkapan listrik.
- Semua kerusakan-kerusakan listrik baik pada peralatan, perlengkapan atau saluran (kawat) listrik harus segera dilaporkan segera kepada ahli/juru listrik atau mereka yang diberi wewenang untuk menangani pekerjaan listrik
- Setiap saluran listrik (*circuit*) tidak boleh dibebani melebihi kapasitasnya karena dapat menyebabkan kebakaran (listrik)

- Pemanas-pemanas (listrik) portable tidak boleh digunakan, kecuali dalam situasi-situasi khusus dan harus disertai peringatan kepada penggunaanya akan bahaya-bahaya yang mungkin bisa terjadi
- Dalam keadaan apapun pemanas-pemanas milik pribadi tidak boleh digunakan diatas kapal.
- Semua peralatan listrik yang *portable* harus dilepas dari saluran listrik, kalau tidak dipergunakan lagi.
- Semua peralatan listrik milik pribadi di ruang-ruang hunian (*accommodation areas*) harus menggunakan steker (*plug*) listrik yang sesuai dengan lubang steker (*socket*) yang ada.
- Kabel listrik sambungan dan lubang steker bercabang banyak (*multi-socket plugs*) tidak boleh dipergunakan di ruang-ruang hunian untuk menghubungkan beberapa peralatan listrik pada satu steker atau lubang steker.
- Apabila awak kapal menggunakan peralatan listrik yang portable diatas kapal, mereka harus dapat memastikan bahwa sambungan-sambungan kabel listrik yang melewati pintu-pintu (*doors*), buka-bukaan palka (*hatches*), lubang-lubang orang (*manholes*) dlsb, dilindungi dan lapisan isolasinya tidak akan rusak oleh tertutupnya lubang atau penutupan-penutupan pintu-pintu, penutup-penutup lubang palka (*covers*) atau penutup-penutup (*lids*).

- Para awak kapal tidak boleh memasang antena-antena (radio/tv) pribadi berdekatan dengan antenna-antena radio kapal (vessel's aeraials)
- Para awak kapal tidak boleh melakukan (membongkar untuk) perbaikan pesawat-pesawat radio, compact disk players ataupun peralatan (listrik) lainnya tanpa mencabut kabel steker listriknya terlebih dahulu, dan sebelum memasukkan kabel listriknya lagi pada lubang steker (kapal) harus memeriksakan dulu kepada ahli/juru listrik.
- Bagan atau poster-poster (wall charts) yang memberikan instruksi-instruksi mengenai pertolongan pertama darurat pada para awak kapal yang terkena sengatan listrik (suffered electrical shock) harus ditempelkan di tempat-tempat yang sesuai diatas kapal, semua awak kapal harus paham dan mau mengikuti prosedur-prosedur yang ditunjukkan ada poster-poster peringatan tersebut.

C. Pakaian yang dicuci dan pakaian basah

- Sikap hati-hati harus dilakukan pada saat mengeringkan pakaian. Pakaian tidak boleh digantung langsung di atas atau di dekat pemanas-pemanas dan tidak boleh dikeringkan di kamar mesin.

D. Barang-barang yang dapat terbakar sendiri (Spontaneous combustion)

- Sampah, kain-kain lap dan barang-barang bekas (rubbish) termasuk pakaian-pakaian yang ternoda tercelup oleh cat, minyak / pengecer cat

(thinners), dll, merupakan bahaya apabila dibiarkan tercecer dimana-mana karena barang-barang tersebut dapat terbakar sendiri (spontaneously combust). Sampah-sampah harus dibuang atau disimpan di dalam kotak-kotak sampah yang sudah ditentukan (dustbins) sampai dapat dibuang dengan aman.

E. Dapur

- Dapur memiliki bahaya kebakaran yang khusus dan arena itu selimut penutup api (fire blanket) serta alat-alat pemadam kebakaran yang sesuai harus tersedia dan siap pakai. Air tidak boleh dipergunakan untuk memadamkan api yang berasal dari minyak goring di tempat memasak.

2.6. Proses Terjadinya Api

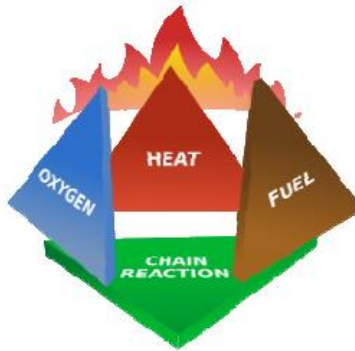
A. Teori Api

Api adalah suatu reaksi kimia (oksidasi) cepat yang terbentuk dari 3 (tiga) unsur yaitu: panas, udara dan bahan bakar yang menimbulkan atau menghasilkan panas dan cahaya.



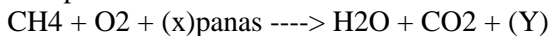
Gambar 2. 1 Segitiga Api

Segitiga api adalah elemen-elemen pendukung terjadinya kebakaran, dimana elemen tersebut adalah panas, bahan bakar dan oksigen. Namun dengan adanya ketiga elemen tersebut, kebakaran belum terjadi dan hanya menghasilkan pijar. Untuk berlangsungnya suatu pembakaran, diperlukan komponen keempat, yaitu rantai reaksi kimia (*chemical chain reaction*). Teori ini dikenal sebagai piramida api atau Tetrahedron.



Gambar 2. 2 Piramida Api

Rantai reaksi kimia adalah peristiwa dimana ketiga elemen yang ada saling bereaksi secara kimiawi, sehingga yang dihasilkan bukan hanya pijar tetapi berupa nyala api atau pembakaran.



B. Klasifikasi Api

Terdapat beberapa jenis api yang disebabkan perbedaan jenis sumber yang menjadi penyebab kebakaran. Tujuan pengklasifikasian api adalah agar dapat menggunakan dengan tepat jenis media pemadam terhadap berbagai kelas kebakaran. Dengan klasifikasi ini diharapkan pemilihan media pemadam dapat sesuai dengan jenis

kebakaran sehingga pemadaman dapat berlangsung secara efektif, dengan tidak mengabaikan prosedur pemadaman yang benar.

Klasifikasi kebakaran atau api yang dianut oleh Indonesia adalah klasifikasi kebakaran mengadopsi sistem *National Fire Protection Association* (NFPA), sesuai keputusan Menteri Tenaga Kerja Indonesia melalui Peraturan Menteri : NO/PER/04/MEN/1980 tertanggal 14 April 1980. Klasifikasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Kelas A: kebakaran atau api yang terjadi pada bahan bakar padat, seperti; kayu, kain, kertas, kapuk, karet, plastik dan lain sebagainya.
2. Kelas B: kebakaran atau api yang terjadi pada bahan bakar cair, seperti; bensin, minyak tanah, spirtus, solar, avtur (jet fuel) dan lain sebagainya.
3. Kelas C: kebakaran atau api yang terjadi karena kegagalan fungsi peralatan listrik.
4. Kelas D: kebakaran atau api yang terjadi pada bahan bakar logam atau metal, seperti; magnesium, titanium, aluminium, dan lain sebagainya.

C. Tahap-tahap Kebakaran

Kebakaran dapat terjadi jika memiliki tiga unsur yaitu udara, panas dan bahan bakar. Terdapat beberapa tahap mulai dari awal kebakaran, kebakaran berkembang, kebakaran puncak hingga kebakaran reda (padam). Berikut ini merupakan penjelasan mengenai tahap-tahap proses terjadinya kebakaran.

1. Tahap Kebakaran Muncul
 - Reaksi tiga unsur api (panas, oksigen dan bahan mudah terbakar).

- Dapat padam dengan sendirinya apabila api tidak dapat mencapai tahap kebakaran selanjutnya.
- Menentukan tindakan pemadaman atau untuk menyelamatkan diri.

2. Tahap Kebakaran Tumbuh

- Api membakar bahan mudah terbakar sehingga panas meningkat.
- Dapat terjadi *flashover* (ikut menyalanya bahan mudah terbakar yang lain di sekitar api karena panas tinggi).
- Berpotensi menimbulkan korban terjebak, terluka ataupun kematian bagi petugas pemadam.

3. Tahap Kebakaran Puncak

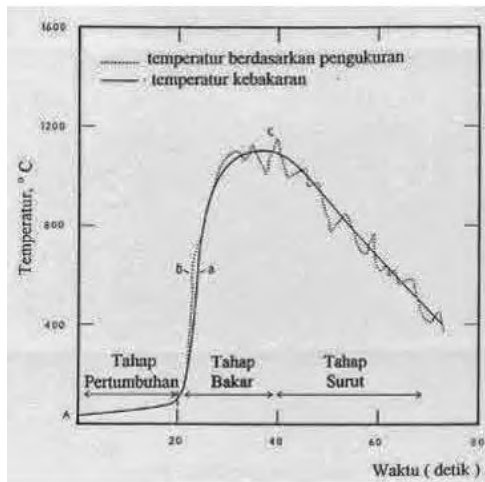
- Semua bahan mudah terbakar menyala secara keseluruhan.
- Nyala api paling panas dan yang paling berbahaya bagi siapa saja yang terperangkap di dalamnya.

4. Tahap Kebakaran Reda (Padam)

- Tahap kebakaran yang memakan waktu paling lama di antara tahap-tahap kebakaran lainnya. - -- Penurunan kadar O₂ (oksigen) atau bahan mudah terbakar secara signifikan yang menyebabkan padamnya api (kebakaran)
- Terdapatnya bahan mudah terbakar yang belum menyala berpotensi menimbulkan nyala api baru secara.

- Berpotensi menimbulkan backdraft (ledakan yang terjadi akibat masuknya pasokan oksigen secara tiba-tiba dari kebakaran ruang tertutup yang dibuka mendadak saat kebakaran berlangsung).

Gambar di bawah mengilustrasikan tahap-tahap kebakaran dari muncul api sampai kebakaran reda (padam):



Gambar 2. 3 Tahap-tahap Kebakaran

2.7. Pemodelan Kebakaran

Pada Pemodelan tugas akhir ini, akan dilakukan pemodelan kebakaran dengan dibantu program yang dapat memodelkan kebakaran pada suatu ruangan dan nantinya akan didapatkan persebaran api. Pada penelitian ini program yang digunakan adalah pyrosim.

Pyrosim adalah grafis user interface untuk *Fire Dynamic Simulator* (FDS). FDS bukan merupakan Computer Aided Design (CAD) melainkan kode CFD (*Computational Fluid*

Dynamics), yaitu dimana tidak semua detail benda (geometri), semua sifat fisik dan kimia dari objek yang terlibat dimasukkan dalam input file. FDS pada dasarnya digunakan untuk membuat simulasi kebakaran, pada baris program diatas ketika dilakukan rendering maka akan menghasilkan model api. Model FDS bisa memprediksi asap, suhu, karbon monoksida dan zat lain selama kebakaran. Hasil simulasi ini telah digunakan untuk menjamin keselamatan bangunan sebelum konstruksi, mengevaluasi pilihan-pilihan keselamatan bangunan yang ada, merekonstruksi kebakaran untuk menyelidiki pasca kebakaran, dan membantu dalam pelatihan pemadaman kebakaran.

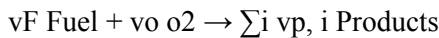
FDS adalah simulator api yang dikembangkan di (NIST)(Kevin McGrattan, 2010). FDS mensimulasikan scenario kebakaran menggunakan komputasi dinamika fluida (CFD) yang dioptimalkan untuk kecepatan rendah, arus termal driven. Pendekatan ini sangat flexibel dan dapat diterapkan untuk kebakaran mulai dari kompor-ke tangki penyimpanan minyak. FDS dan program visualisasi smokeview keduanya erat terintegrasi ke Pyrosim. FDS dapat digunakan untuk membuat model dari beberapa fenomena berikut ini :

- Transformasi panas dan produk pembakaran pada kecepatan rendah.
- Perpindahan konveksi dan radiasi antara gas dan permukaan benda
- Pyrolysis
- Penyebaran nyala api dan perkembangan api
- Aktivasi sprinkler dan detector
- Pemadaman kebakaran dengan sprinkler.

FDS dalam menyelesaikan masalah dinamika kebakaran yaitu :

1. Model Kebakaran

Teknik yang digunakan adalah *mixture fraction* dari pembakaran. Teknik ini didasarkan pada asumsi dari pembakaran. Teknik ini di dasarkan pada asumsi bahwa fenomena perpindahan secara konduktif dan radiatif terjadi dalam skala besar disamping proses fisik yang terjadi dalam skala kecil terhadap waktu. Persamaan umum dasar yang dipakai untuk menyelesaikan reaksi pembakaran adalah :



Persamaan stokiometri yang dipakai untuk menyatakan laju konsumsi bahan bakar dan oksidator adalah :

$$\frac{m_F^m}{v_F m_F} = \frac{m_O^m}{v_O m_O}$$

Sedangkan persamaan mixture fraction setelah memasukkan unsur hukum kekekalan menjadi :

$$\rho \frac{DZ}{Dt} = \nabla \cdot \rho D \nabla Z$$

Dari persamaan tersebut dapat diturunkan lagi untuk mendapatkan laju konsumsi oksigen per unit mas setiap waktu adalah :

$$-m_O^n = \frac{dY_O}{dZ} Z < Z_f \rho D \nabla Z.n$$

2. Pemodelan Hidrodinamik

Dalam pemodelan ini FDS menggunakan persamaan aliran Naviers-Stokes untuk kecepatan rendah yang melibatkan transformasi panas dan asap dari kebakaran yang dipengaruhi oleh perubahan suhu. Perhitungannya bias menggunakan Direct Numerical Simulation (DNS) atau large Eddy Simulation (LES) yang penggunaan tergantung dari tujuan dan resolusi grid dari geometri. Penyederhanaan persamaannya

tidak terlepas dari persamaan konservasi dasar yaitu kekekalan massa, kekekalan momentum, kekekalan energy dan persamaan gas ideal

Persamaan kekekalan massa :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0$$

Persamaan Kekekalan Momentum (Hukum Newton Kedua) :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u} + \nabla \rho = \rho \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}$$

Persamaan Kekekalan Energi (Hukum Pertama

Termodinamika)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} = \frac{Dp}{Dt} + q''' - \nabla \cdot \boldsymbol{\phi}$$

Persamaan gas ideal :

$$\rho = \frac{pRT}{M}$$

Dimana :

ρ = Kerapatan gas

t = waktu

$\mathbf{u} = (u, v, w)$ vector kecepatan

p = tekanan

τ_{ij} = viscous stress tensor

\mathbf{F} = vector gaya luar (termasuk gravitasi)

H = Koefisien perpindahan kalor

q''' = laju pelepasan panas per unit volume

$\boldsymbol{\phi}$ = fungsi disipasi

R = universal gas constant

M = berat molekul dari gas.

T = Temperatur

Large Eddy Simulation merupakan teknik yang dipakai untuk membuat model proses disipatif terkait dengan viscosity, thermal conductivity dan material diffusivity. Mengikuti analisis yang dilakukan oleh Smagorinsky maka model viskositas dapat dibuat sebagai berikut. :

$$\mu_{LES} = \rho (C \Delta)^2 (2S_{ij}.S_{ij} - \frac{2}{3}(\nabla \cdot u)^2)^{\frac{1}{2}}$$

Sedangkan persamaan difusif lainnya adalah :

$$k_{LES} = \frac{\mu_{LES}}{Pr} ; (\rho D)_{LES} = \frac{\mu_{LES}}{Sc}$$

Untuk teknik DNS, parameter viskositas, konduktifitas termal dan material diffusivity diambil dari teori kinetik karena ketergantungan temperature sangat penting dalam scenario pembakaran. (Kevin McGrattan, 2010).

Persamaan viskositas :

$$\mu_l = \frac{26.69 \times 10^{-7} (MIT)^{\frac{1}{2}}}{\sigma_1^2 \Omega v}$$

Persamaan konduktifitas termal dimana Prandtl Number $Pr = 0.7$

$$k_l = \frac{\mu c_p}{Pr} \frac{l}{mK}$$

Sehingga persamaan DNS untuk viskositas dan konduktivitas termal adalah :

$$\mu_{DNS} = \sum_i Y_l \mu_l ; k_{DNS} = \sum_i Y_l k_l$$

Sehingga persamaan difusi material adalah :

$$D_{lm} = \frac{2.66 \times \frac{10^{-7} T^3}{2} m^2}{m_{lm}^{\frac{1}{2}} \sigma_{lm}^2 \Omega D} \frac{1}{s}$$

Dimana :

C_s = Smagorinsky constant (LES)

Σ = Konstanta Stefan Boltzman

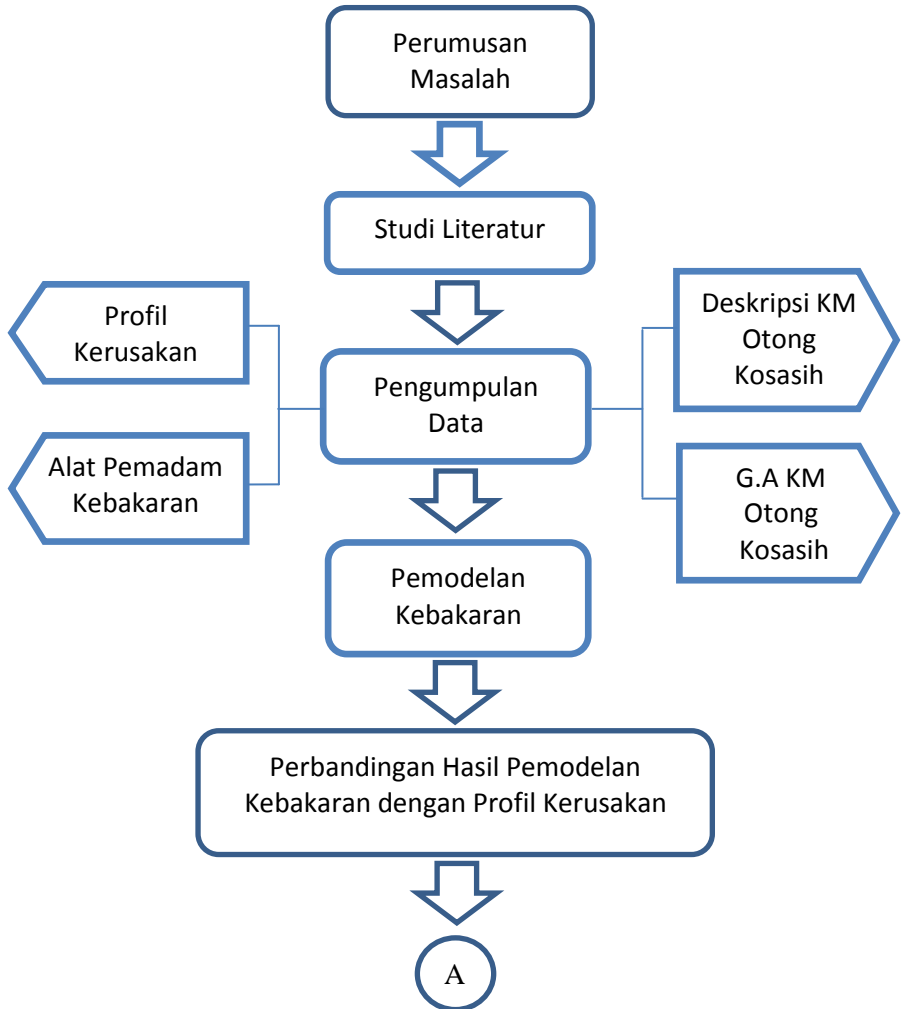
Pr = Prandtl Number

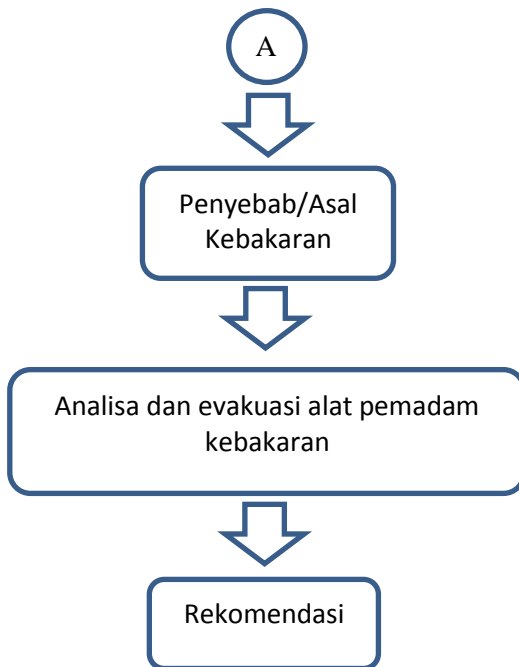
C_p = constant pressure specific heat

K = thermal conductivity

Y_i = mass fraction of i th species

BAB III METODOLOGI PENELITIAN





3.1 Perumusan Masalah

Pada proses ini akan dilakukan suatu identifikasi dan perumusan masalah yaitu tentang kecelakaan KM Otong Kosasih yang disebabkan kebakaran di salah satu dek bangunan atas kapal. Penyebab kebakaran dari kapal tersebut belum diketahui. Dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan kebakaran di bangunan atas kapal dimana akan didapatkan asal atau penyebab kebakaran dari kapal. Akan dilakukan perbandingan pemodelan kebakaran dengan keadaan kapal sebenarnya ketika terjadi kebakaran.

3.2 Studi Literatur

Tahapan selanjutnya adalah melakukan studi literature dengan tujuan untuk menerangkan teori-teori dasar untuk mendapatkan berbagi informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Studi literatur ini dapat diperoleh dari buku, jurnal, paper atau internet serta melakukan tanya jawab dengan pihak yang berkepentingan dan berkompeten dengan bahasan tugas akhir ini. Dalam penelitian ini banyak dilakukan tanya jawab dengan pihak Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT).

3.3 Pengumpulan Data

Tahapan selanjutnya adalah melakukan proses pengumpulan data. Proses ini sangat diperlukan sebelum melakukan proses analisa. Data-data tersebut akan diolah sehingga nantinya akan didapatkan hasil yang menjadi tujuan dari penelitian tugas akhir ini. Beberapa data yang dibutuhkan untuk proses analisa yaitu :

1. Deskripsi Kapal Otong kosasih
2. Rencana Umum Bangunan Atas kapal
3. Profil Kerusakan Kapal
4. Kelengkapan dan penempatan sistem pemadam kebakaran

3.4 Pemodelan Kebakaran

Pada skripsi ini akan dilakukan pemodelan kebakaran menggunakan program yaitu *fire dynamic simulator*. Pemodelan kebakaran akan dilakukan dan disesuaikan dengan kondisi kapal sebelum kebakaran. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil pemodelan kebakaran dengan mirip dengan keadaan sebenarnya karena sudah dilakukan penyesuaian kondisi kapal.

3.5 Perbandingan Hasil Pemodelan Kebakaran dengan Profil Kerusakan

Pada profil kerusakan akan diketahui kondisi kapal saat kebakaran, bagian-bagian kapal yang rusak parah, rusak ringan dan tidak rusak sama sekali. Hasil dari pemodelan kebakaran yang telah dilakukan akan dibandingkan dengan profil kerusakan kapal yang sebenarnya.

3.6 Penyebab/Asal Kebakaran

Setelah dilakukan perbandingan antara hasil pemodelan kebakaran dengan profil kerusakan kapal yang sebenarnya maka akan ditemukan penyebab kebakaran/titik asal api.

3.7 Analisa Alat Pemadam Kebakaran Kapal

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa kelengkapan dari sistem pemadam kebakaran kapal tersebut. Setelah diketahui kelengkapannya akan di analisa juga mengenai penempatan alat pemadam kebakaran tersebut di setiap ruang yang terkena kebakaran.

3.8 Evaluasi Alat Pemadam Kebakaran

Setelah diketahui kekurangannya maka akan dilakukan evaluasi terhadap kekurangan tersebut sehingga jika terdapat nyala api maka kapal tidak mengalami kebakaran. Setelah mengevaluasi sistem alat kebakaran tersebut dilakukan simulasi kebakaran dengan menggunakan hasil evaluasi

sistem alat pemadam kebakaran tersebut. Dari hasil simulasi akan diketahui sistem alat pemadam kebakaran yang sudah dievaluasi dapat mencegah kebakaran atau tidak.

3.9 Rekomendasi

Setelah mengetahui titik awal api berasal yang menyebabkan kebakaran pada KM Otong Kasasih, maka dapat dijadikan pembelajaran untuk kapal lain sehingga kasus kebakaran seperti pada KM Otong Kasasih tidak terulang lagi. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi terhadap peraturan pemerintah yang sudah ada jika sudah tidak sesuai atau ada kekurangan mengenai sistem pemadam kebakaran di kapal dengan kondisi sekarang ini.

Halaman ini disengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada bagian ini akan dijelaskan langkah-langkah pengerjaan skripsi yang akan dikerjakan, hal-hal yang akan dibahas dalam bagian ini antara lain pengumpulan data antara lain desain dek yang mengalami kebakaran, profil kerusakan kapal akibat kebakaran serta sistem pemadam kebakaran yang terdapat pada dek yang mengalami kebakaran. Setelah pengumpulan data, langkah selanjutnya adalah menggambar ulang desain dek yang mengalami kebakaran, melakukan analisa data dimana pada pengerjaan skripsi ini akan dilakukan pemodelan kebakaran yang nantinya akan didapatkan sebaran api pada dek yang mengalami kebakaran. Analisa data yang selanjutnya adalah melakukan analisa serta evaluasi yang terhadap sistem pemadam kebakaran yang terdapat pada *deck* yang mengalami kebakaran sesuai aturan Safety Of Life At Sea (SOLAS). Dari analisa data yang dilakukan, hal terakhir adalah melakukan memberikan rekomendasi terhadap peraturan pemerintahan mengenai sistem pemadam kebakaran pada kapal sehingga kecelakaan kapal yang diakibatkan oleh kebakaran kapal dapat dicegah.

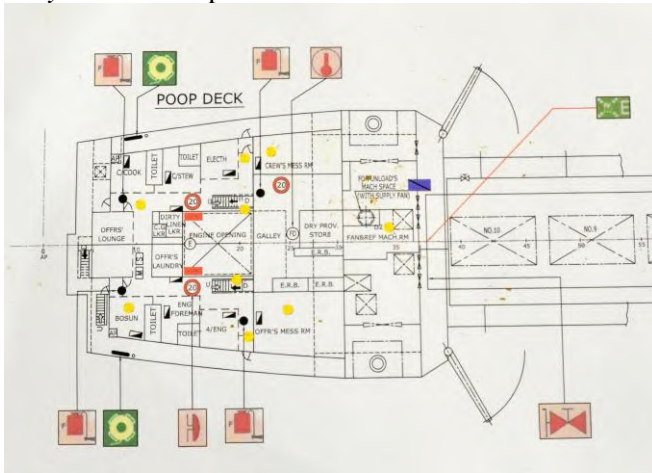
4.2 Data

Data-data yang didapat nantinya akan dilakukan analisa antara lain sebagai berikut :

4.2.1 *Layout Deck* Yang Terbakar

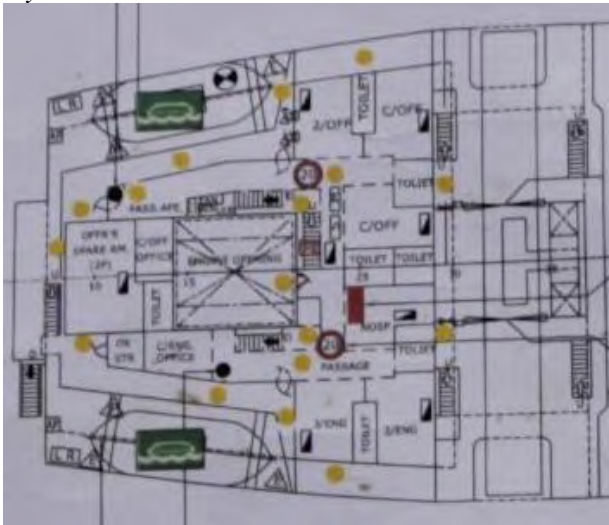
Berdasarkan gambar yang didapatkan dari pihak KNKT, terdapat empat *deck* yang mengalami kebakaran yaitu poop *deck*, b *deck*, c *deck* serta bridge *deck* & pilot house floor. Berdasarkan gambar *layout* keempat geladak tersebut digunakan sebagai akomodasi para anak buah kapal.

a. *Layout Dek Poop*



Gambar 4. 1 *Layout Dek Poop*

b. *Layout Dek B*



Gambar 4. 2 *Layout Dek B*

c. Layout Dek B

4.2.2 Profil Kerusakan Kapal

Menurut data yang didapat dari pihak Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), pada hari minggu, 20 september 2015. Kapal ini terbakar saat berada di dermaga Pusri perairan sungai Musi, Palembang bermuatan 7.3 ton pupuk. Kebakaran terjadi pada bangunan atas kapal yaitu dek poop, dek b , dek c dan dek bridge sedangkan pada ruang muat tidak terjadi kebakaran. Kebakaran terjadi pada poop bagian port side pada ruang c/cook, c/steward, c/cook, electh, galley dan off's lounge. Pada dek c kebakaran terjadi bagian port side pada ruang capt state dan c/engineering state. Pada bagian dek b kebakaran terjadi bagian port side pada ruang 2/off, c/off , nosp dan 3/eng. Pada dek bridge kebakaran terjadi bagian port side dan starboard kapal pada ruang radio, radio officer dan wheel house. Pada *deck* ini kebakaran paling parah terjadi. Semua peralatan radio komunikasi navigasi yang terdapat pada geladak ini rusak akibat kebakaran. Dari data ini dapat diketahui kebakaran terjadi sebagian besar pada bagian port side kapal tersebut.



Gambar 4. 5 Ruang Navigasi

4.2.3 Kronologi Kejadian

Menurut data yang didapatkan dari (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) pada tanggal 18 September 2015, pukul 12.48 WIB KM Otong Kosasih sandar di dermaga V PT. Pusri Palembang. Kapal tersebut melakukan proses loading muatan pupuk urea dimulai pukul 16.30 WIB. Proses loading muatan selesai pada tanggal 19 September 2015 pada malam hari pukul 22.30 WIB. Total muatan yang diangkut oleh KM Otong Kosasih sebanyak 7301.562 MT.

Setelah proses loading muatan selesai kapal tersebut tetap sandar di dermaga menunggu suplai air tawar, MDF dan jadwal keberangkatan. Pada tanggal 20 september 2015, sekitar pukul 09.45 WIB, Electrician meninggalkan kamar menuju kamar mesin. Pukul 10.00 WIB, fire alarm berbunyi. Setelah mendengar alarm tersebut, juru mudi yang stand by di geladak operasi segera menuju poop deck dan mengetahui asap muncul di plafon atas pintu keluar ke kiri sekitar kamar electrician.

Kemudian jurumudi jaga crew kapal lain melakukan pemadaman api menggunakan APAR (Alat Pemadaman Api Ringan) jenis dry powder dan air hidran. Blower isap dan tekan beserta AC sentral dimatikan dan pintu-pintu kedap kamar mesin ditutup. Setelah mengetahui terjadi kebakaran nahkoda berkoordinasi dengan keagenan dan pihak manajemen PT. Pilog lewat telepon untuk meminta bantuan pemadaman kebakaran dari PT. Pusri Palembang dan PT. IPC (Pelabuhan Palembang).

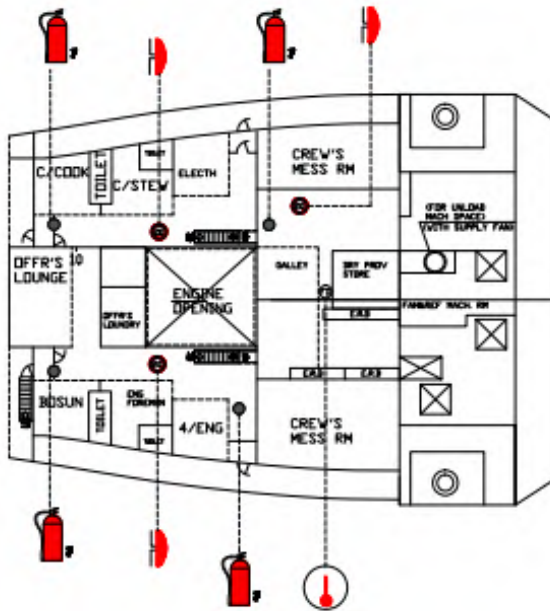
Pada Pukul 10.20 WIB, mobil pemadaman kebakran beserta tim dari PT. Pusri Palembang datang untuk membantu memadamkan api. Pada Pukul 10.35 WIB, beberapa crew membantu mualim III menyelamatkan dokumen crew beserta log book harian deck dan mesin. Pada pukul 11.00 WIB, 3 kapal tunda tug boat tg Buyut I, tug boat tg Buyut II dan tug boat selat Legundi membantu memadamkan api.

Pada pukul 11.15 WIB kapal mengalami black out dan selanjutnya generator kapal KM Otong Kosasih dimatikan. Api dapat dipadamkan sekitar pukul 14.10 WIB.

4.2.4 Perlengkapan Pemadam Kebakaran

Data kelengkapan sistem pemadam kebakaran ini sangat diperlukan untuk melakukan analisa sistem pemadam kebakaran tersebut pada *poop deck*, *c deck*, *b deck* dan *bridge deck*. Analisa akan dilakukan mengenai kelengkapan serta penempatan terhadap *layout* setiap ruangan. Berikut adalah data kelengkapan serta penempatan sistem pemadam kebakaran di *poop deck*, *c deck*, *b deck* dan *bridge deck*.

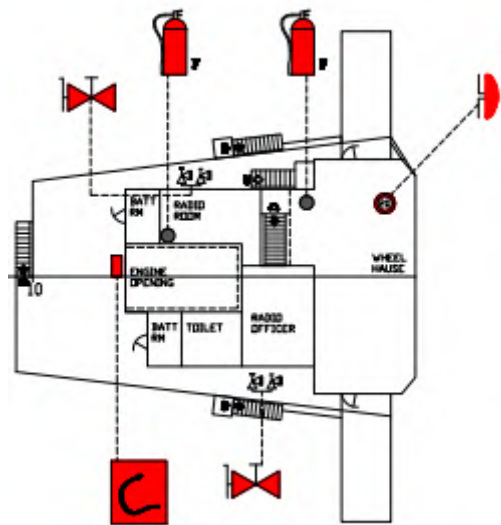
a. Dek Poop



Gambar 4. 6 Alat Pemadam Kebakaran di Dek Poop

Gambar 4. 8 Alat Pemadam Kebakaran di Dek C




d. Dek Bridge





Gambar 4. 9 Alat Pemadam Kebakaran di Dek Bridge

Berikut merupakan daftar kelengkapan alat pemadam kebakaran yang terdapat pada dek poop, dek b, dek c dan dek brigde.

Tabel 4. 1 Kelengkapan Alat Pemadam Kebakaran

Simbol	Deskripsi	Letak	Jumlah
	6 kg Portaable Fire Extinguisher	Dek Poop	4
		Dek C	2
		Dek B	2
		Dek Bridge	1
	Fire Alarm Bell	Dek Poop	3
		Dek C	2
		Dek B	2
		Dek Bridge	1
	Heat Detector	Dek Poop	1
		Dek C	1

	Hose Box with Spray or Jet Fire Nozzle	Dek B Dek Bridge	1 1
	40mm Hose Valve with 40mm Hose Coupling	Dek C Dek B Dek Bridge	2 1 2

4.2.4 Awak Kapal

Pada saat kejadian KM Otong Kosasih memiliki 32 awak kapal yang terdiri dari 8 perwira, 19 kelasi dan 5 orang kadet. Secara umum para awak kapal bergabung dengan KM Otong Kosasih pada tahun 2015.

Nakhoda KM Otong Kosasih memiliki sertifikat Ahli Nautika tingkat (ANT) I yang dikeluarkan pada tahun 2005 dan telah memiliki pengalaman berlayar 25 tahun di berbagai jenis pelayaran. Nakhoda bergabung dengan PT Pusri pada tahun 1992 untuk mengawaki kapal-kapal yang berada di bawah manajemen PT.Pusri dengan berbagai posisi perwira kapal dan menjadi nakhoda KM Otong Kosasih pada Mei 2015.

Kepala kamar mesin (KKM) memiliki ijazah Ahli Teknik Tingkatan (ATT) I yang dikeluarkan pada tahun 2010 dan telah memiliki pengalaman berlayar selama 21 tahun.

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 *Layout* Dek yang Terbakar

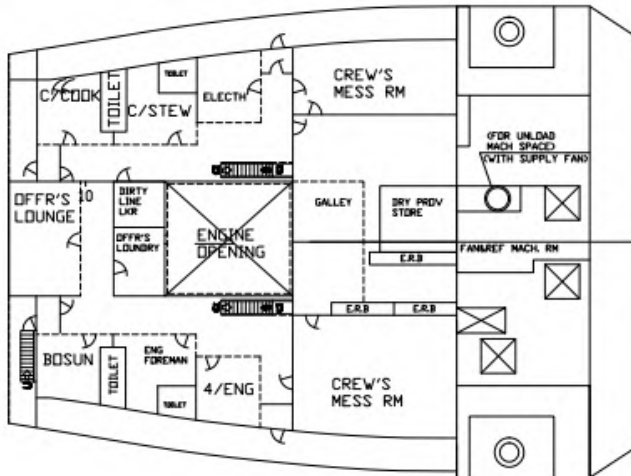
Pada bagian ini, akan dijelaskan proses pengolahan data tersebut, *layout deck* yang terbakar tersebut didapat dari pihak KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) masih dalam format JPEG. Lihat (Gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4), dari format gambar tersebut akan dilakukan proses redrawing ke format gambar autocad Drawing.

Proses redrawing akan terbagi sesuai kebutuhan yang akan digunakan untuk memodelkan kebakaran yaitu poop *deck*, *c deck*, *b deck*, dan *bridge deck*.

1. Gambar dengan format 2 dimensi

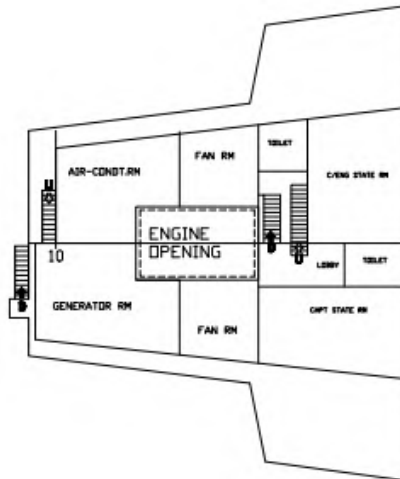
Gambar dengan format 2 dimensi digunakan untuk proses gambar 3 dimensi di program pyrosim dan digunakan juga untuk analisa dan evaluasi sistem pemadam kebakaran di *deck* tersebut yang tidak didapatkan dari pihak terkait, berikut adalah hasil redrawing ke format autocad drawing 2 dimensi.

a. *Layout 2 Dimensi Poop Deck*



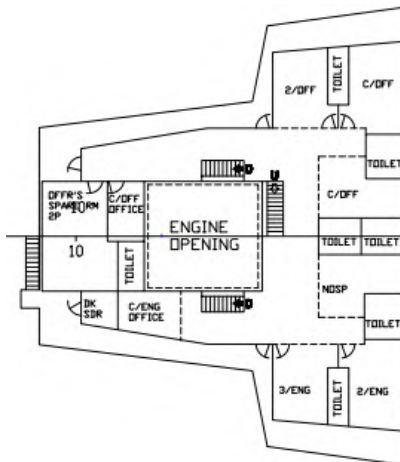
Gambar 4. 10 *Layout 2 Dimensi Dek Poop*

b. *Layout 2 Dimensi C Deck*



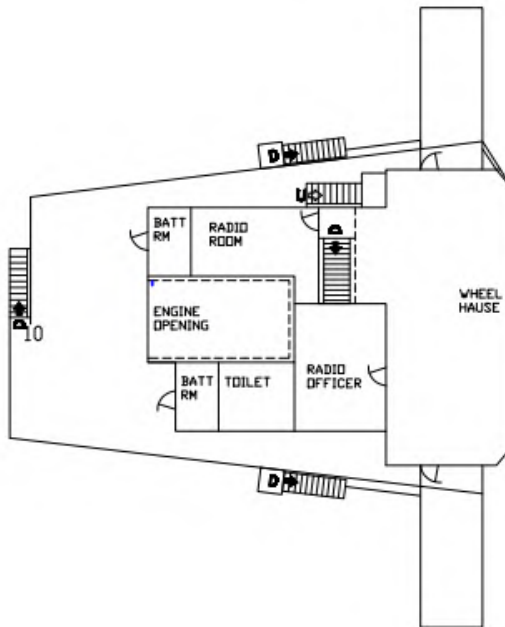
Gambar 4. 11 *Layout* 2 Dimensi Dek C

c. *Layout 2 Dimensi B deck*



Gambar 4. 12 *Layout* 2 Dimensi Dek B

d. *Layout 2 Dimensi Dek Bridge*

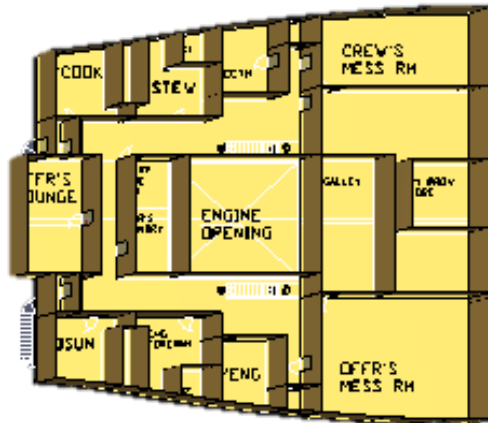


Gambar 4. 13 *Layout 2 Dimensi Dek Bridge*

2. Gambar dengan format 3 dimensi

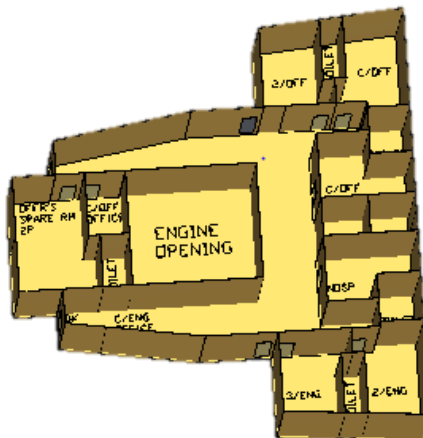
Dari gambar 3 dimensi, akan dilanjutkan kembali dengan mengubah ke benruk 3 dimensi yang nantinya digunakan untuk mendesain pemodelan kebakaran. Kebutuhan gambar yang akan digunakan gambar 2 dimensi dari poop deck, c deck, b deck dan bridge deck. Berikut adalah hasil gambar 3 dimensi yang telah dikerjakan di program pyrosim.

a. *Layout 3 dimensi Dek Poop*



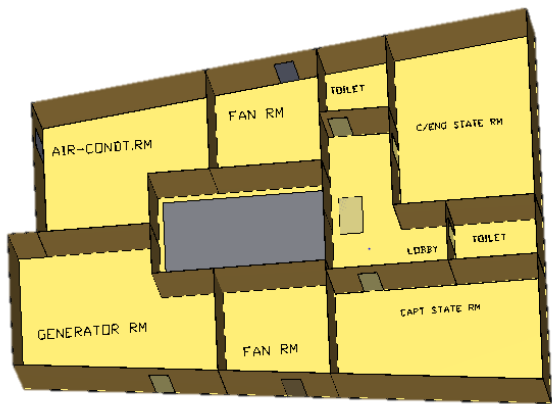
Gambar 4. 14 *Layout 3 Dimensi Dek Poop*

b. *Layout 3 dimensi Dek B*



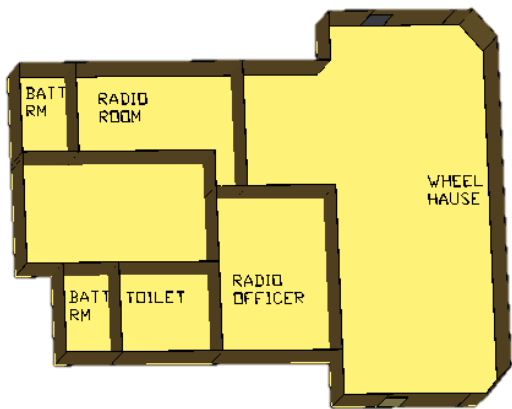
Gambar 4. 15 *Layout 3 Dimensi Dek B*

c. *Layout 3 Dimensi Dek C*



Gambar 4. 16 *Layout 3 Dimensi Dek C*

d. *Layout 3 Dimensi Dek Bridge*



Gambar 4. 17 *Layout 3 Dimensi Dek C*

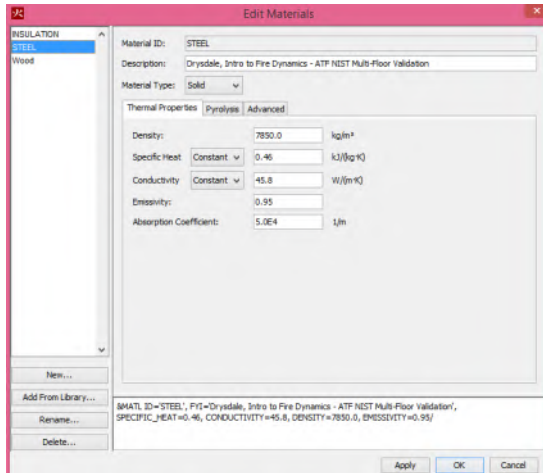
4.4 Pemodelan Kebakaran

Pada penelitian ini pemodelan kebakaran dilakukan menggunakan program PyroSim, yang mana program ini adalah grafis user interface untuk Fire Dynamic Simulator (FDS). Model FDS bisa memprediksi persebaran asap, tekanan, temperatur, dan zat lain selama kebakaran. Simulasi menggunakan program ini digunakan untuk merekonstruksi kebakaran untuk penyelidikan pasca-kebakaran, merencanakan sistem keselamatan pada bangunan, dan membantu dalam pelatihan pemadaman kebakaran. Pada kasus kebakaran KM Otong Kosasih pihak KNKT telah mempunyai hipotesa awal kebakaran terjadi yaitu dimulai dari geladak akomodasi utama. Hipotesa tersebut didapat dari keterangan saksi mata saat kebakaran terjadi. Saksi mata yang melihat awal kebakaran dimulai dari area di sekitar lorong di bagian port side poop deck depan ruang electrician. Saat itu juru mudi jaga mendapati api sudah mulai menjalar di langit-langit pintu masuk geladak utama. Menurut electrician, saat kejadian tidak ada barang elektronik yang dalam kondisi menyala. Saluran listrik digunakan untuk menyalakan lampu-lampu kapal di area sekitar poop deck. Hal ini diperkuat dengan ditemukan panel listrik untuk saluran di sekitar poop deck menunjukkan dalam posisi 'On'. Selain itu terdapat kursi, meja dan kasur di dalam ruang electrician yang dapat menjadi penyebab kebakaran pada KM Otong Kosasih.

Pemodelan akan dilakukan berdasarkan hipotesa dari pihak KNKT yaitu asal api muncul dari ruang electrician. Hipotesa didapatkan berdasarkan keterangan saksi yang berada di kapal pada saat terjadi kebakaran. Pada KM Otong Kosasih tidak terdapat sprinkler sebagai alat pemadam kebakaran sehingga pada pemodelan ini juga tidak dilakukan penginputan data tersebut.

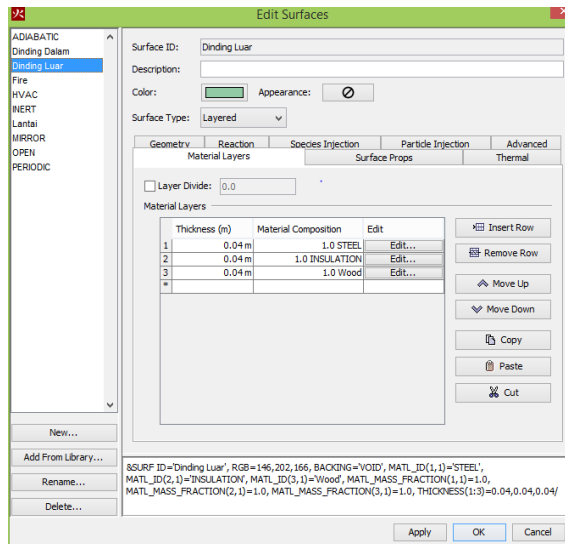
Pada simulasi ini juga diinput data mengenai material dari dek bangunan atas yang terbakar yang disesuaikan dengan KM Otong Kosasih. Untuk bagian lantai digunakan plat baja dengan tebal 8 mm, untuk bagian dinding digunakan plat baja 5 mm, untuk dinding bagian dalam ruang akomodasi digunakan kayu serta

terdapat insulasi juga untuk memperlambat menyebarnya api jika terjadi kebakaran.



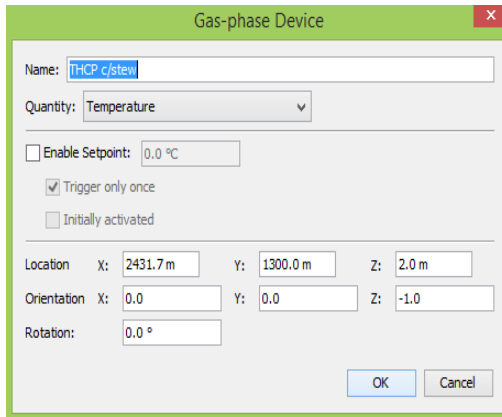
Gambar 4. 18 Pengaturan material

Setelah penginputan material telah dilakukan maka selanjutnya yang dilakukan adalah ke menu “surface”. Setiap benda yang dibuat di pemodelan ini akan diatur ,mengenai permukaan terbuat dari material apa. Satu benda bisa terdiri dari satu material dan bisa juga terdiri dari gabungan beberapa material. Untuk dinding terluar yang berhubungan langsung udara bebas di luar kapal itu urutan material dari terluar terdiri dari plat baja, insulasi dan kayu, untuk dinding ruang akomodasi dalam terdiri dari kayu dan untuk lantai terdiri dari plat baja. Hal ini penting untuk diperhatikan karena setiap material memiliki ketahanan yang berbeda-beda jika mengalami kebakaran.



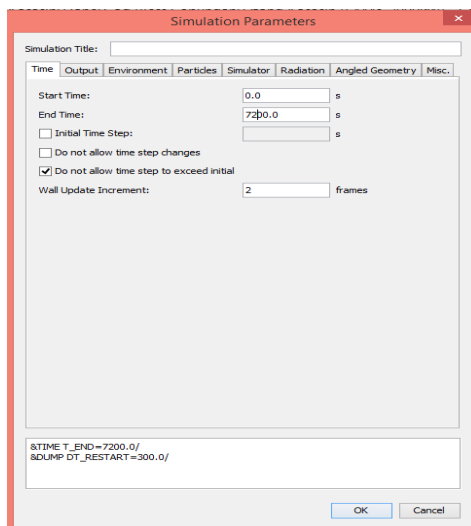
Gambar 4. 19 Pengaturan surface

Pada program ini terdapat pengaturan thermocouple yang dapat mengukur temperature, density, velocity, visibility dan masih banyak lagi. Pada simulasi kebakaran ini akan dilakukan pengukuran temperature setiap ruangan pada saat kebakaran. Hal ini bertujuan agar dapat mengetahui apakah ruangan tersebut ikut mengalami kebakaran atau tidak. Jika ruangan terbakar maka temperatur ruangan tersebut besar dan sebaliknya jika ruangan tersebut tidak mengalami kebakaran maka temperatur ruangan tersebut kecil. Selain itu pengukuran temperatur juga dilakukan di tangga-tangga kapal dan di lobby kapal.

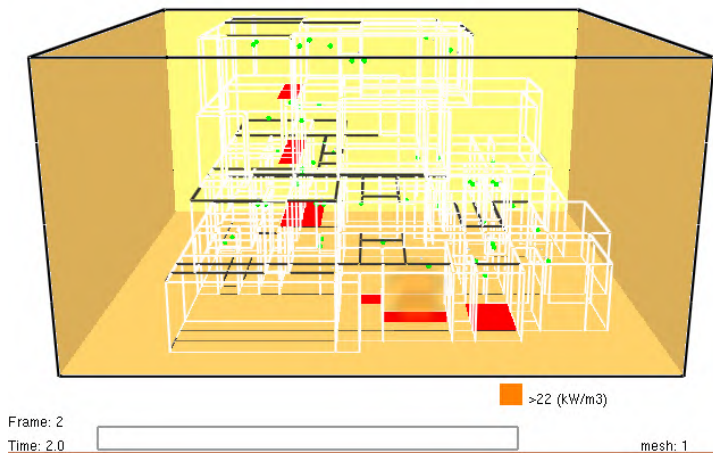


Gambar 4. 20 Pengaturan untuk thermocouple

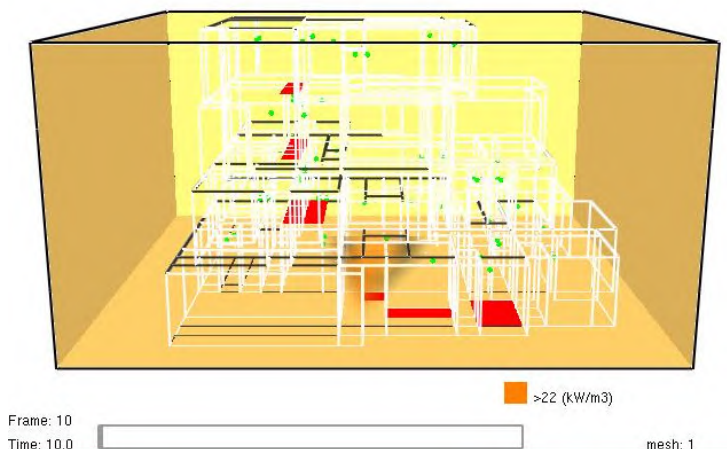
Setelah proses penginputan data telah dilakukan langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi pemodelan kebakaran. Proses menjalankan simulasi diatur oleh menu “FDS Smulation Parameters”, waktu yang digunakan untuk simulasi selama 1000 detik.



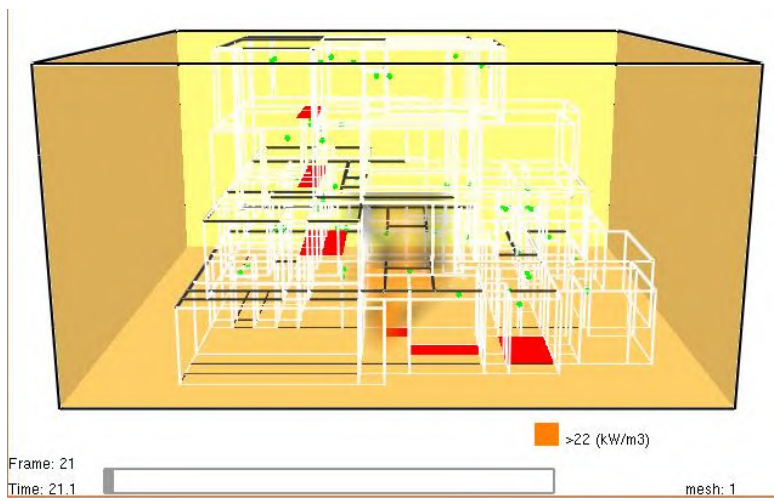
Gambar 4. 21 Running simulasi selama 1000 detik



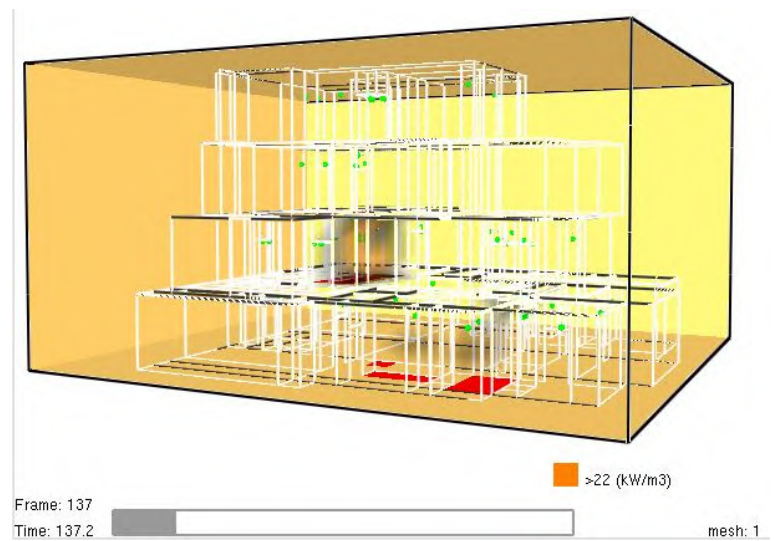
Gambar 4. 22 Tahap penyalaaan api di ruang electrician pada 2s



Gambar 4. 23 Tahap tangga port side di dek poop terbakar pada 10s

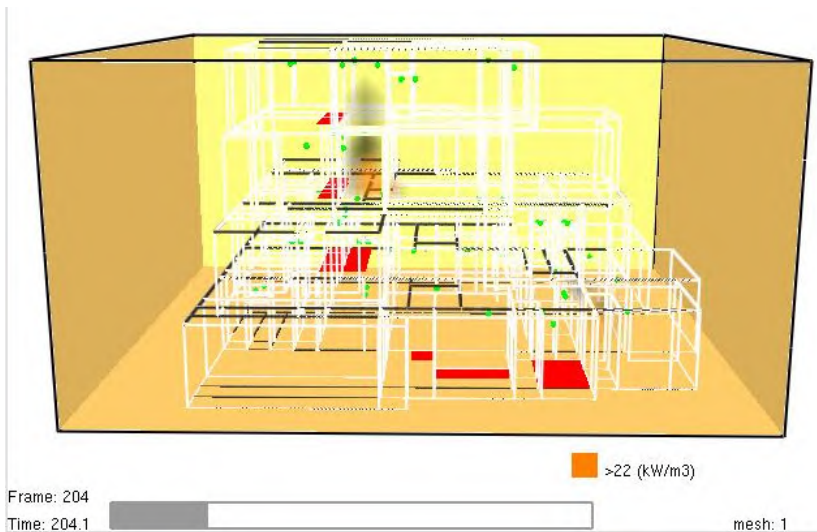


Gambar 4. 24 Tahap api menjalar ke dek B pada 21s

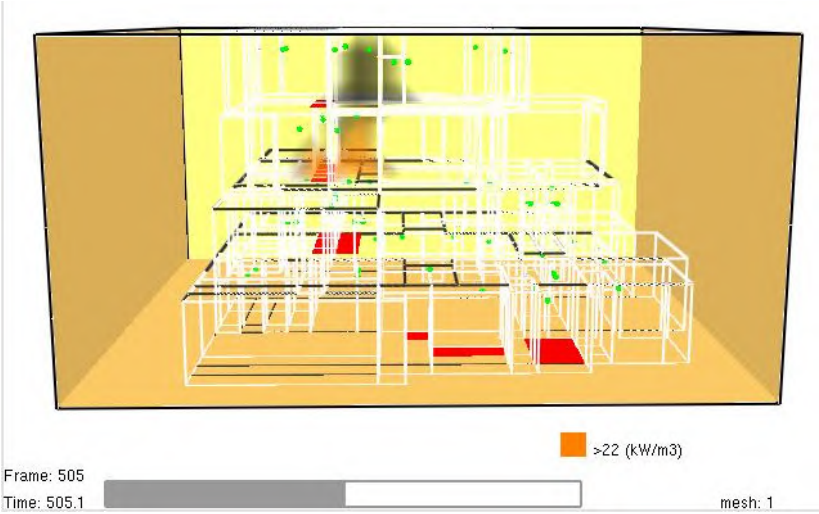


Gambar 4. 25 Tahap api membesar di dek B pada 137s

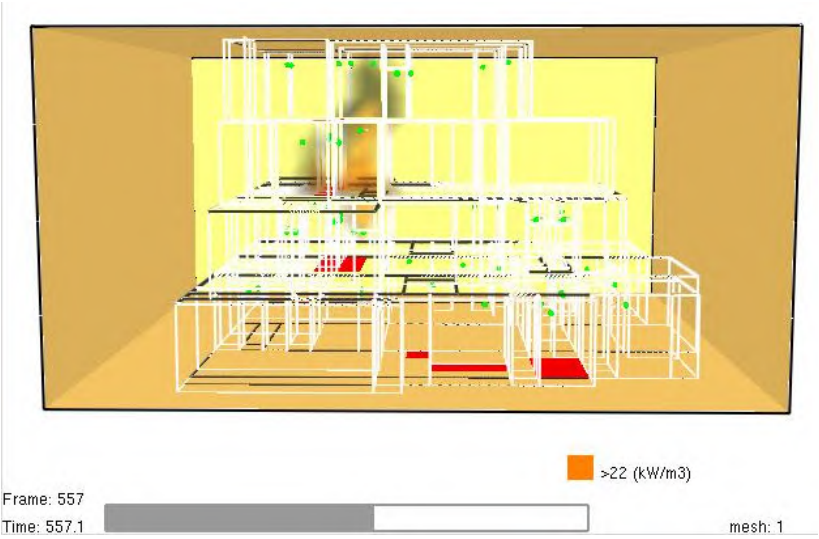
Langkah berikutnya setelah pengaturan waktu menjalankan simulasi dari program *Pyrosim* akan di dapatkan hasil berupa pemodelan kebakaran. Pada Gambar 4.22 terlihat bahwa terjadi tahap penyalaan atau awal terbakarnya ruang electrician. Hal ini disesuaikan berdasarkan keterangan abk kapal yang menjadi melihat langsung pada saat kebakaran. Pada Gambar.4.23 terjadi perkembangan api setelah membakar barang-barang yang terdapat di ruang electrician hingga api menyebar keluar dan emebakar tangga di bagian *port side* kapal di dek poop. Setelah tangga terbakar api semakin membesar dan pada Gambar 4.24 tepatnya pada 21 s api menyebar ke dek B melalui tangga yang sudah terbakar sebelumnya. Setelah itu pada Gambar 4.25 dapat dilihat api semakin besar dan membakar beberapa ruangan di dek B.



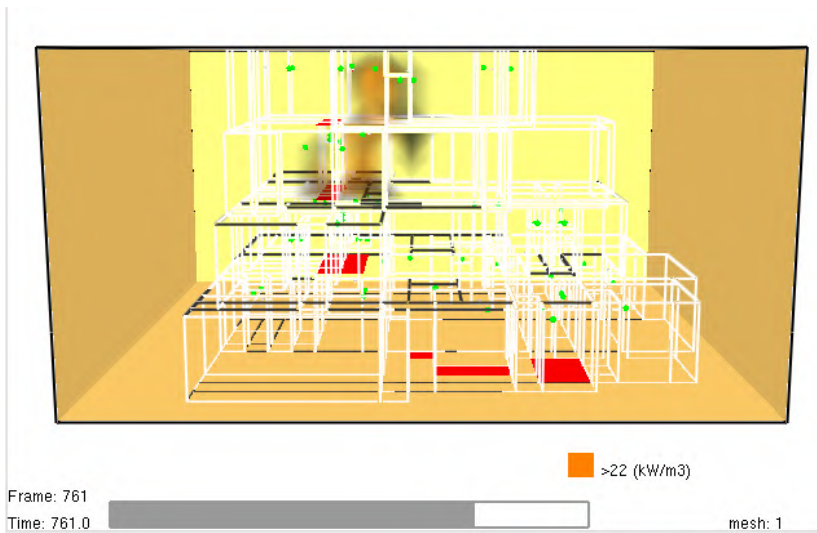
Gambar 4. 26 Tahap api menyebar ke dek c pada 204 s



Gambar 4. 27 Tahap api membesar di dek c pada 505 s

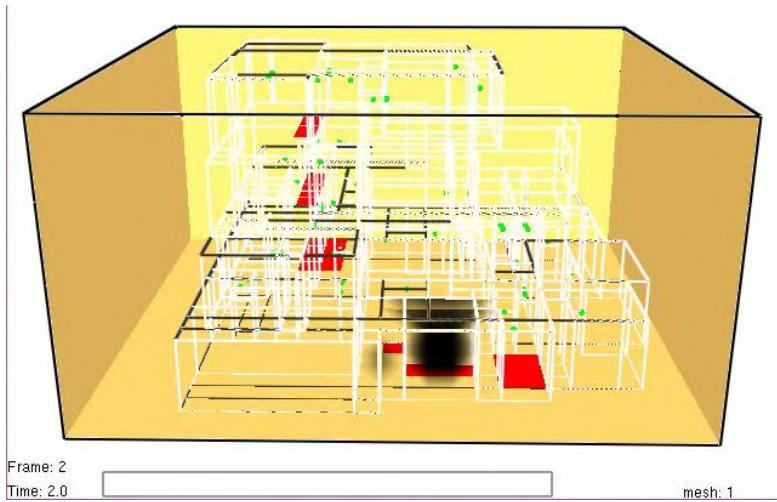


Gambar 4. 28 Tahap api menyebar ke dek bridge pada 557 s

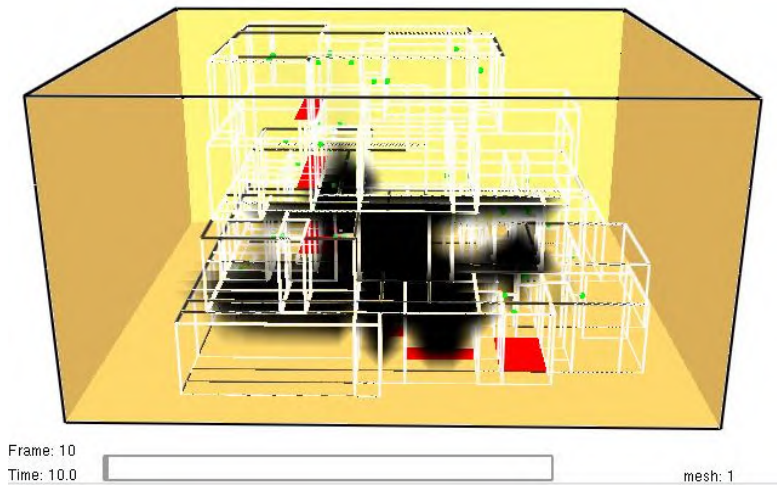


Gambar 4. 29 Tahap api membesar di dek bridge pada 761 s

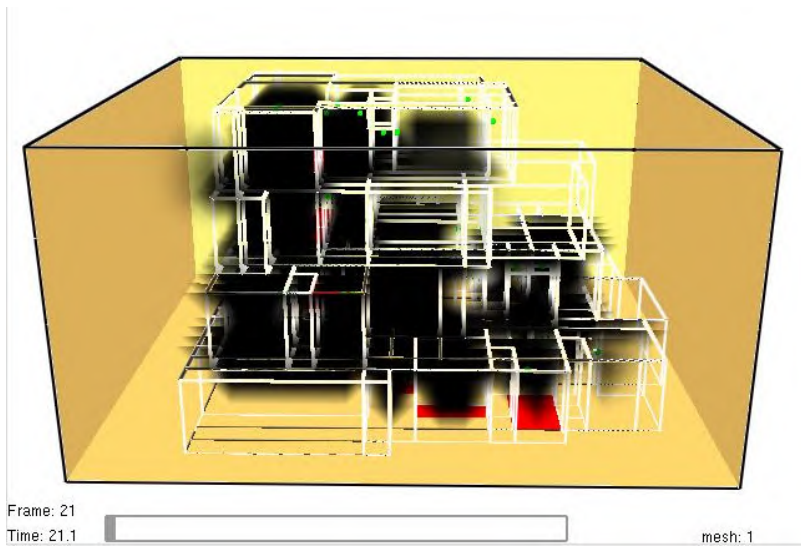
Setelah api semakin besar dan membakar beberapa ruangan di dek B, pada Gambar 4.26 dapat terlihat api menyebar naik ke dek c. Api dapat menyebar naik ke dek c melalui tangga yang berada di dek b. Setelah api dapat menyebar naik ke dek c, api membesar dan membakar beberapa ruangan di dek tersebut sesuai dengan Gambar 4.27. Setelah api membesar dan membakar beberapa ruangan di dek c, pada Gambar 4.28 dapat terlihat api menyebar naik ke dek Bridge. Api dapat menyebar naik ke dek bridge melalui tangga yang menghubungkan dek c dengan dek bridge. Pada Gambar 4.29 dapat terlihat setelah api yang terdapat di dek c membesar dan membakar beberapa ruangan di dek tersebut, api juga semakin membesar di dek bridge dan membakar seluruh ruangan yang berada di dek tersebut. Selain itu api juga membakar seluruh alat navigas dan komunikasi yang terdapat di dek tersebut.



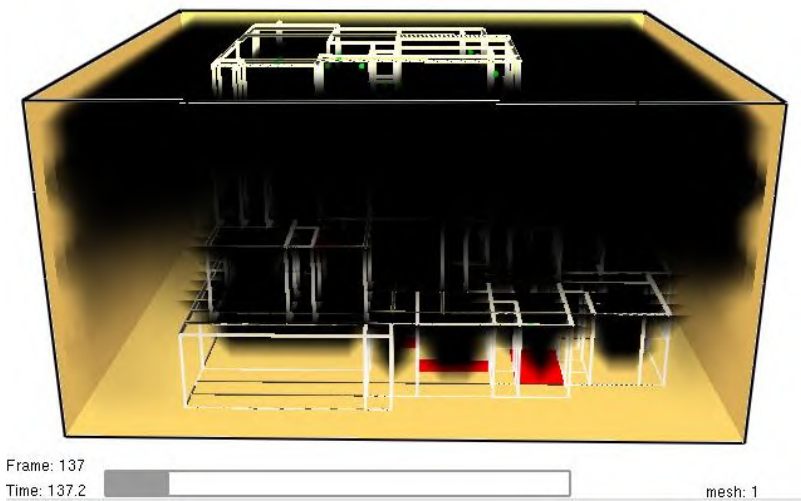
Gambar 4. 30 Kerapatan asap pada 2s



Gambar 4. 31 Kerapatan asap pada 10 s

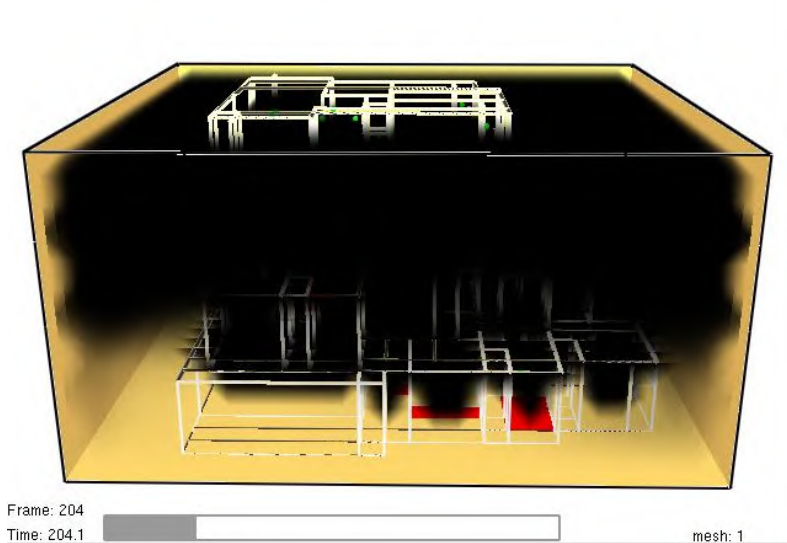


Gambar 4. 32 Kerapatan asap pada 21 s

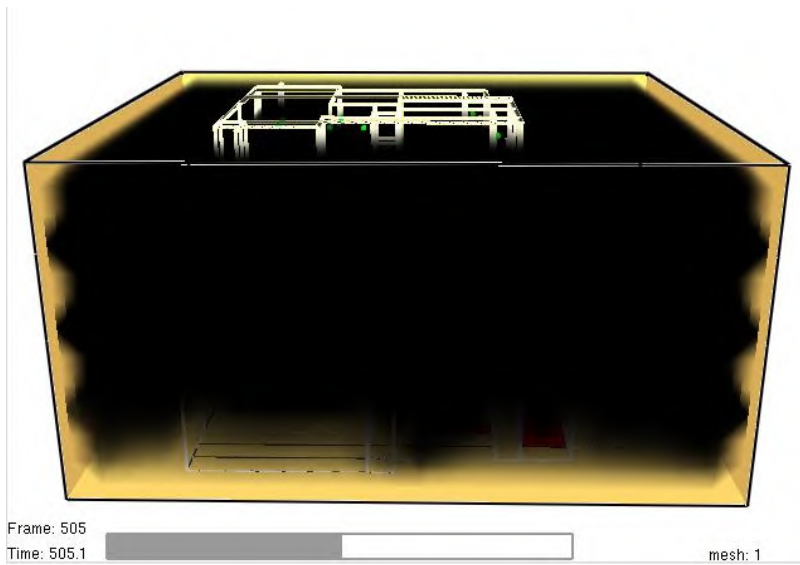


Gambar 4. 33 Kerapatan asap pada 137 s

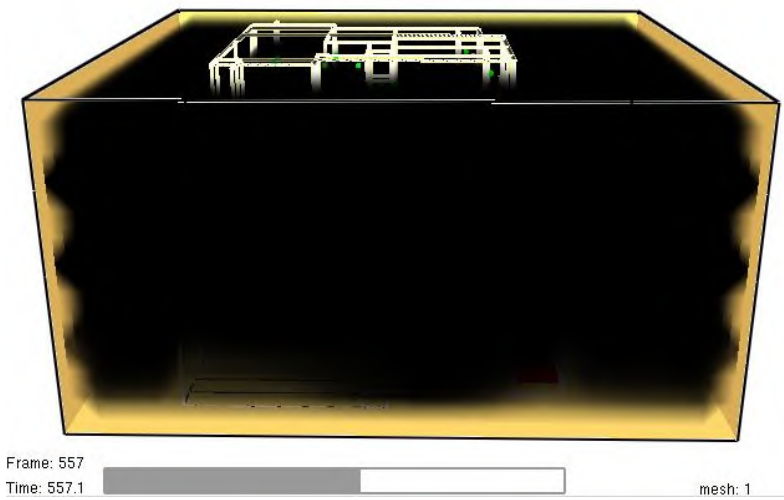
Dari program Pyrosim tidak hanya bisa menghasilkan pemodelan kebakaran, namun juga dapat menghasilkan pemodelan asap. Meningkatnya kerapatan suatu asap juga dipengaruhi meningkatnya intensitas dari api. Pada Gambar 4.30 dapat terlihat asap masih terlihat sangat kecil pada 2 s, karena api masih dalam tahap penyalaaan. Pada Gambar 4.31 dapat terlihat asap semakin menebal, memenuhi seluruh dek poop, sebagian dek b dan sebagian dek c pada 10 s. Sedangkan Gambar 4.32 dapat terlihat asap semakin membesar, memenuhi seluruh dek yang mengalami kebakaran pada 21 s. Dan pada pada 137 s dan 204 s sesuai dengan Gambar 4.33 dan Gambar 4.34 dapat terlihat asap semakin menebal lagi dari sebelumnya dan membuat setengah dari dek yang terbakar tidak kelihatan. Dan pada akhirnya asap semakin menebal dan memenuhi dek yang terbakar hingga membuat dek tersebut tidak kelihatan tertutupi asap dari kebakaran tersebut pada 505 s, 557 s dan 761 s sesuai Gambar 4.35, Gambar 4.36 dan Gambar 4.37



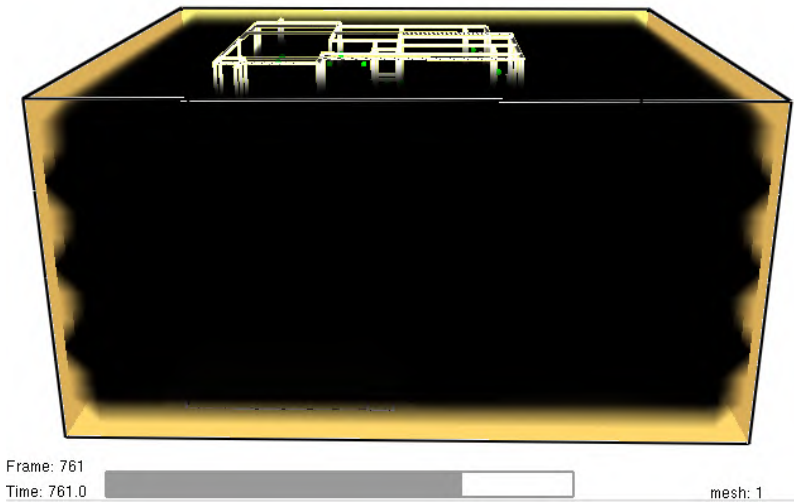
Gambar 4. 34 Kerapatan asap pada 204 s



Gambar 4. 35 Kerapatan asap pada 505 s

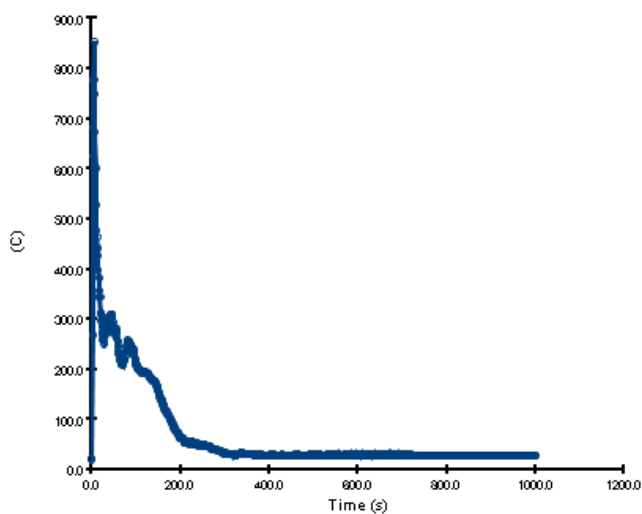


Gambar 4. 36 Kerapatan asap pada 557 s

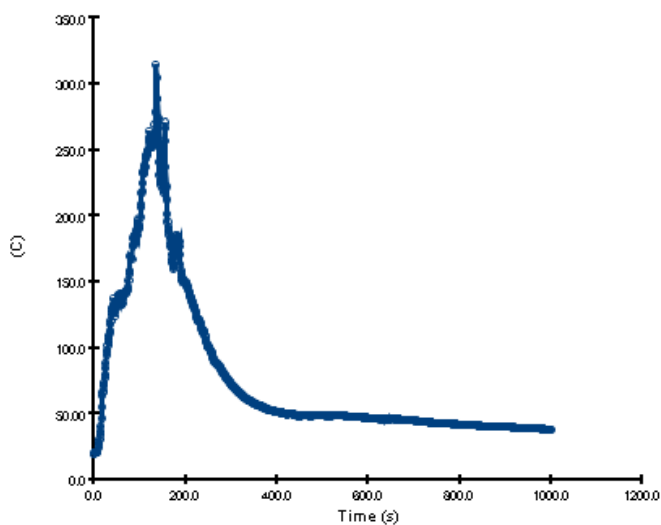


Gambar 4. 37 Kerapatan asap pada 761 s

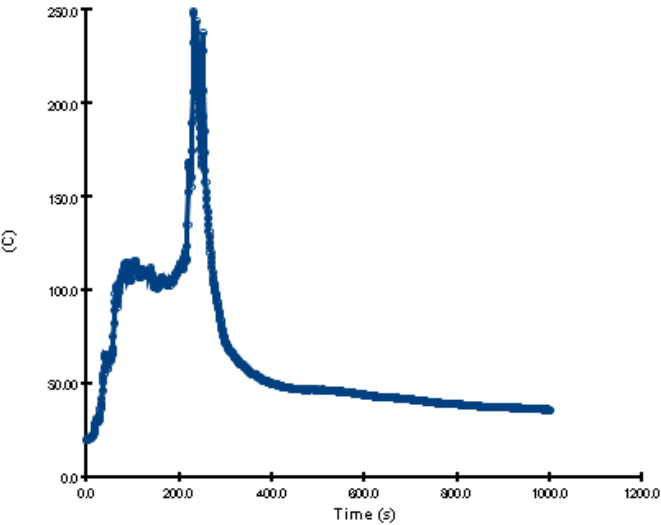
Setelah mengetahui proses kebakaran dari awal di dek poop hingga dek bridge, program juga dapat menghasilkan keadaan temperatur ruangan yang berada dek yang terbakar. Pada simulasi ini sudah dipasang thermocouple di ruangan kapal untuk mengukur temperature ruangan saat terjadi kebakaran. Dengan mengetahui temperatur maka dapat diketahui bahwa ruangan tersebut ikut terbakar atau tidak. Kayu akan mulai terbakar pada temperatur 300°C sehingga ruangan yang mempunyai temperatur melebihi 300°C maka ruangan tersebut mengalami kebakaran.



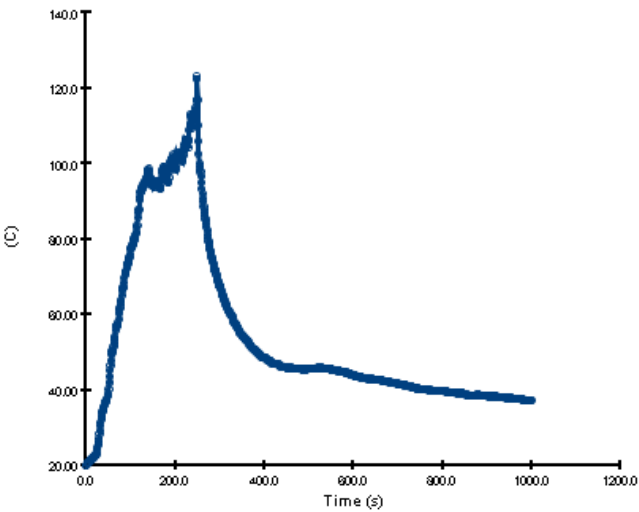
Gambar 4. 38 Grafik temperatur ruang electrician



Gambar 4. 39 Grafik temperatur ruang c/stew

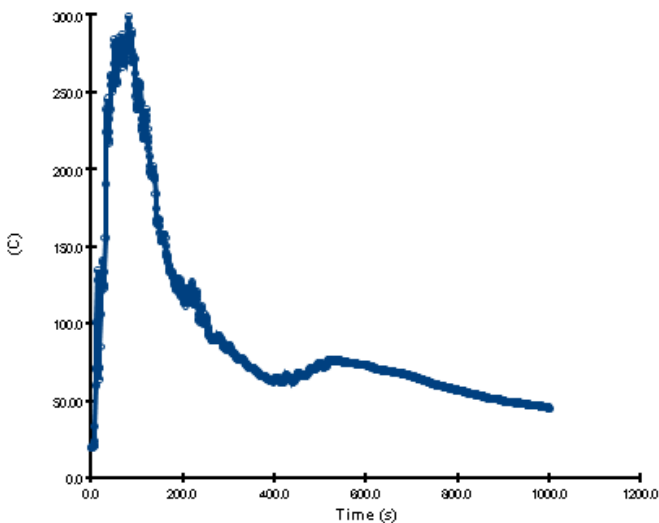


Gambar 4. 40 Grafik temperatur ruang c/cook

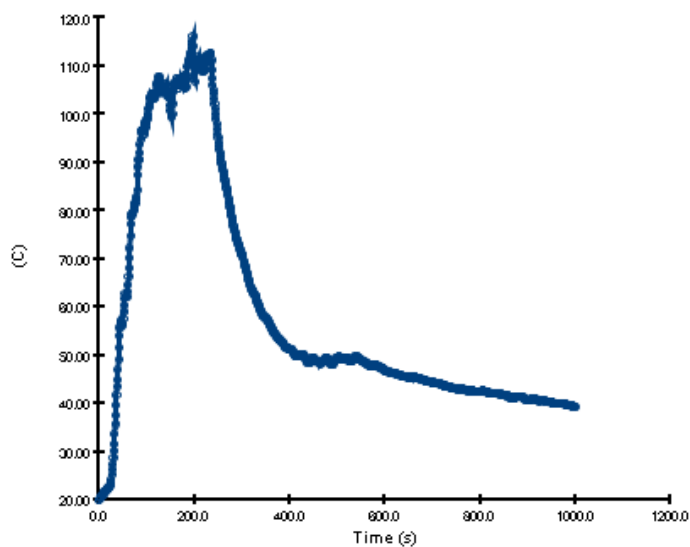


Gambar 4. 41 Grafik temperatur ruang offr's lounge

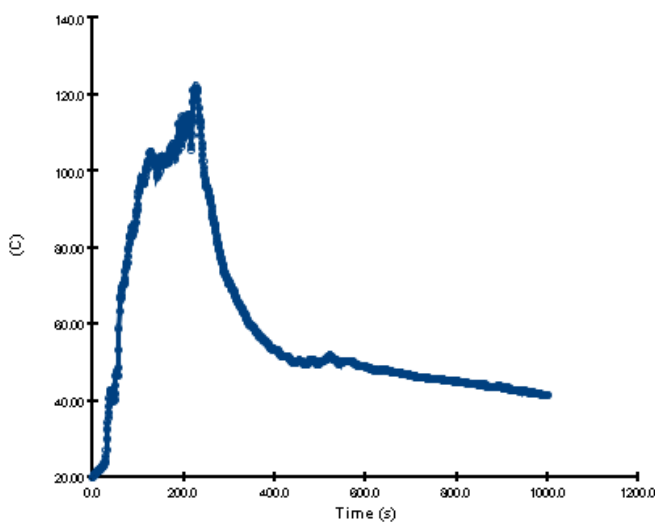
Dapat terlihat pada Gambar 4.38 ruang *electrician* memiliki temperatur maksimal yaitu sekitar 850°C . Ruang tersebut memiliki temperatur yang sangat tinggi karena api berasal dari kapal tersebut. Hal ini sesuai dengan keterangan abk kapal yang melihat langsung pada saat kejadian. Pada Gambar 4.39 dan Gambar 4.40 pada ruang *c/stew* dan *c/cook* mengalami penurunan temperatur dan memiliki temperature maksimal sekitar 320°C dan 250°C . Hal ini disebabkan perambatan api dari ruang *electrician* ke tangga *port side* di dek poop dan naik ke dek b sehingga api yang mengarah ke ruang *c/stew* dan *c/cook* berkurang. Pada Gambar 4.41 dan Gambar 4.43 pada ruangan *offr's lounge* dan ruangan *laundry* mengalami penurunan temperature dan memiliki suhu maksimal sekitar 120°C . Pada Gambar 4.42 temperatur sekitar 300°C pada ruangan *dirty line lkr*.



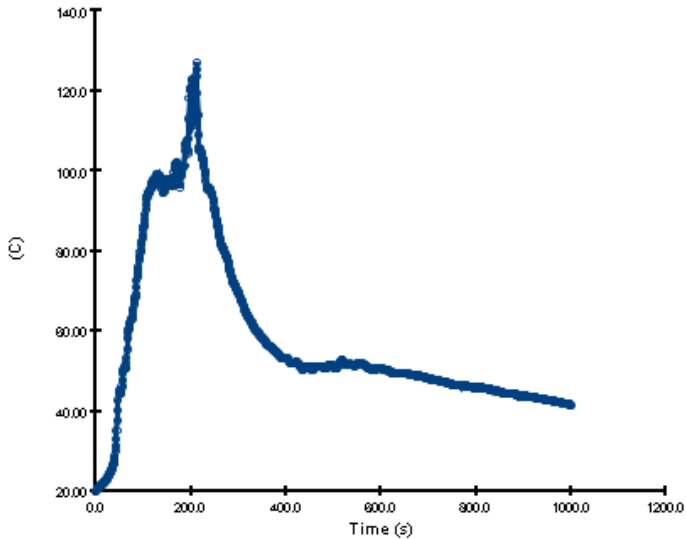
Gambar 4. 42 Grafik temperatur ruang *dirty line lkr*



Gambar 4. 43 Grafik temperatur ruang laundry

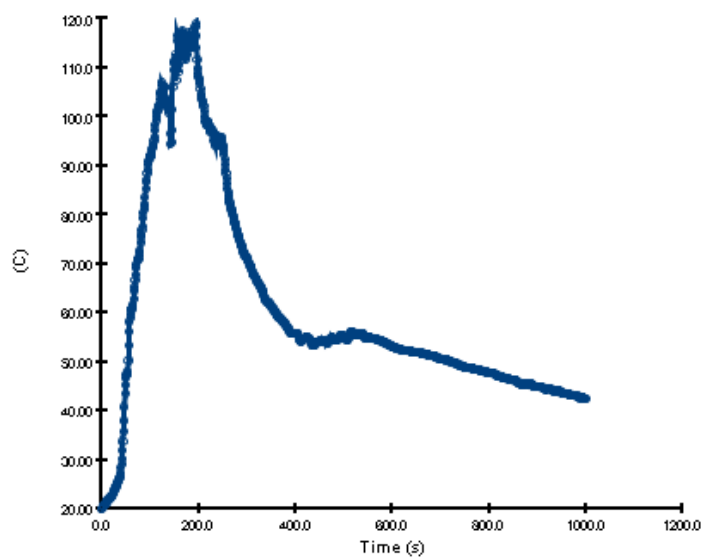


Gambar 4. 44 Grafik temperatur ruang busun

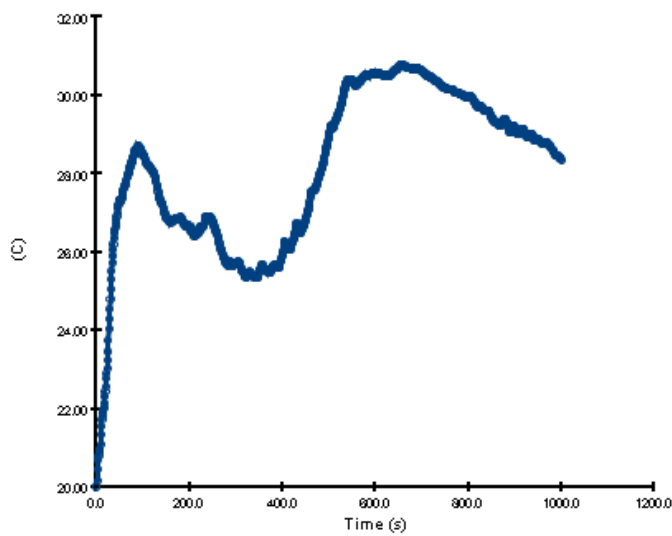


Gambar 4. 45 Grafik temperatur ruang eng/foreman

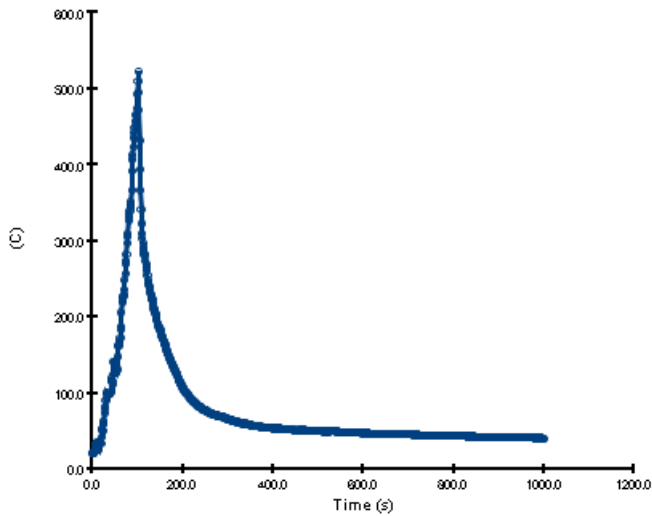
Jumlah api semakin menurun dari ruang electrician di bagian *port side* dek poop menuju bagian *starboard* kapal. Hal ini dapat dilihat pada ruangan bosun, eng/foreman, 4/eng memiliki temperatur ruangan maksimal sekitar 120°C sesuai dengan Gambar 4.44, Gambar 4.45 dan Gambar 4.46. Sedangkan pada ruangan officer mess mengalami penurunan yaitu memiliki temperatur ruangan sekitar 30°C sesuai Gambar 4.47.



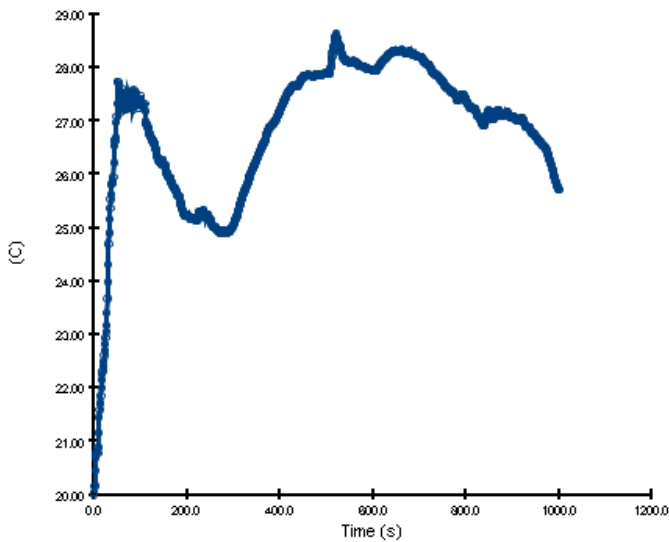
Gambar 4. 46 Grafik temperatur ruang 4/eng



Gambar 4. 47 Grafik temperatur ruang officer mess



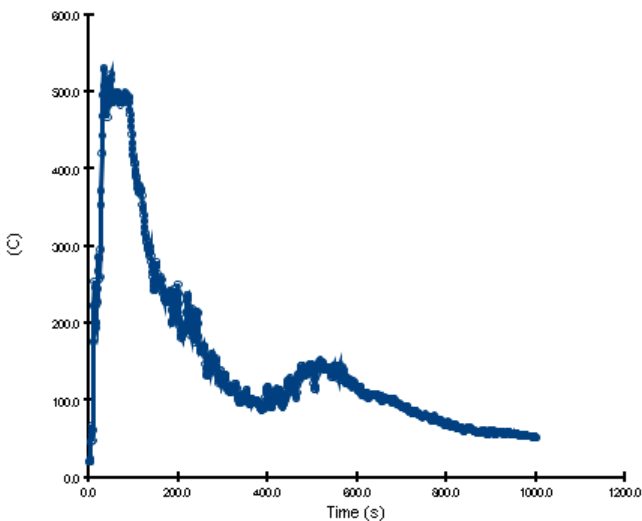
Gambar 4. 48 Grafik temperatur ruang galley



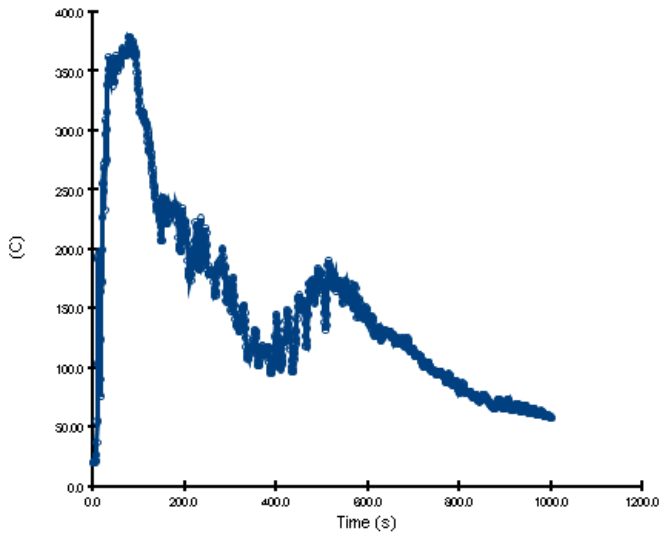
Gambar 4. 49 Grafik temperatur ruang crew mess

Hal ini sesuai dengan profil kerusakan kapal setelah kebakaran. Berbeda dengan ruang galley, ruangan tersebut memiliki temperatur maksimal ruangan yang tinggi yaitu sekitar 550°C . Hal ini berbeda profil kerusakan kapal karena ruangan galley tidak mengalami kebakaran sedangkan pada hasil ini ruang tersebut terbakar.

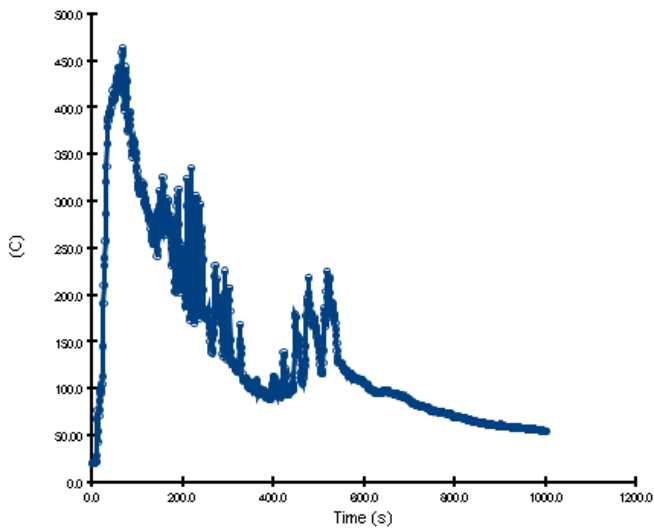
Pada ruangan crew mess memiliki temperatur yang rendah dan tidak mengalami kebakaran karena pada saat kebakaran pintu ruangan tersebut tertutup pada saat kebakaran sehingga api tidak dapat masuk ke dalam ruangan tersebut sesuai Gambar 4.49. Kondisi ini sesuai dengan profil kerusakan kapal.



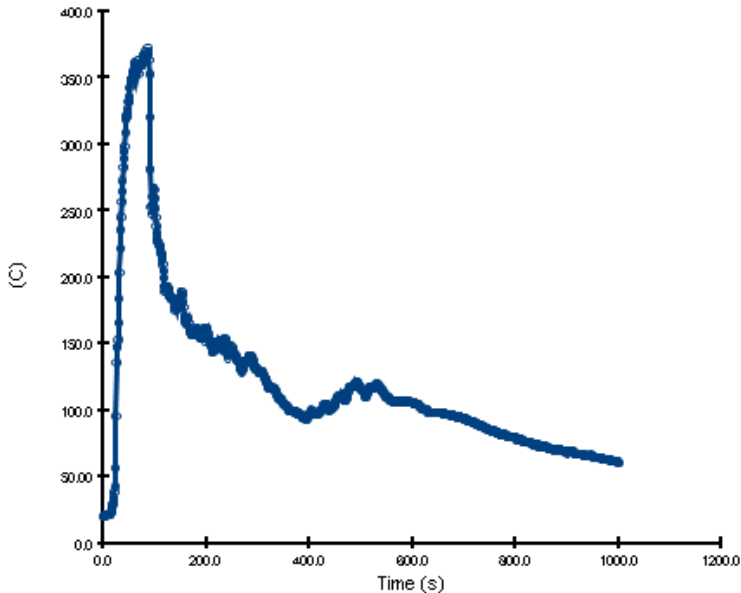
Gambar 4. 50 Grafik temperatur ruang 2/off



Gambar 4. 51 Grafik temperatur ruang c/off 1

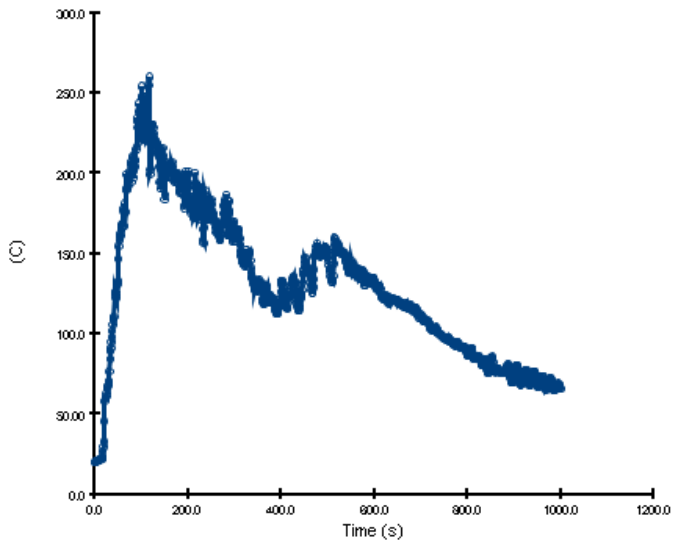


Gambar 4. 52 Grafik temperatur ruang c/off 2

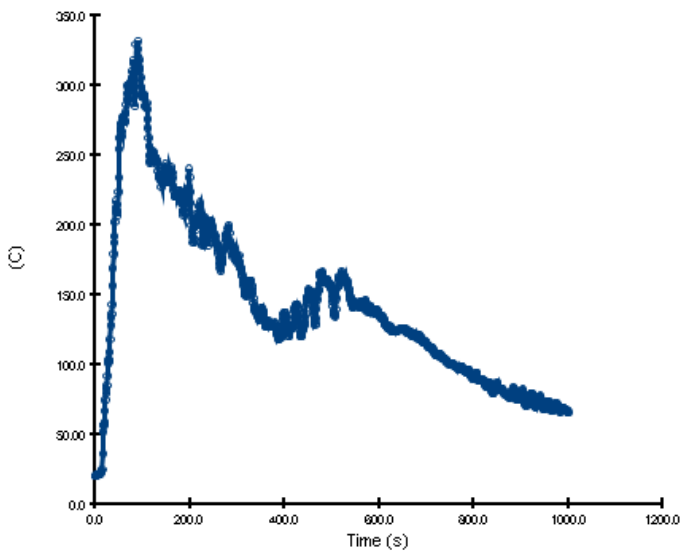


Gambar 4. 53 Grafik temperatur ruang nosp

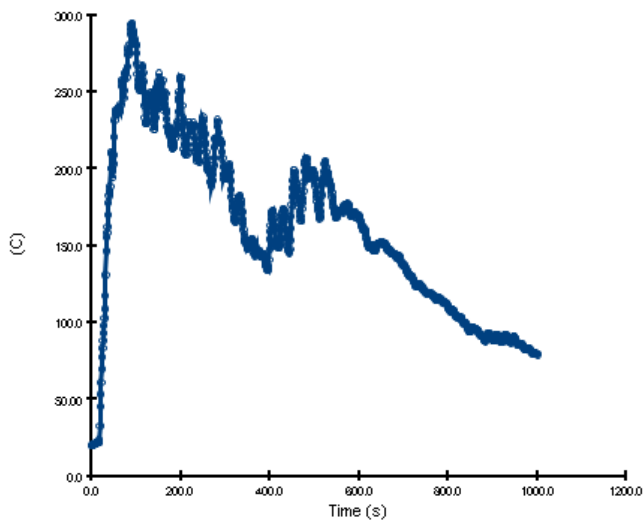
Pada Gambar 4.50 dapat diketahui ruangan 2/off memiliki temperatur ruangan maksimal yang tinggi yaitu sekitar 590°C . Hal ini karena ruangan tersebut dekat tangga dari dek poop ke dek b sehingga ruangan tersebut terkena api yang berasal dari tangga tersebut. Ruangan sebelah 2/off yaitu ruangan c/off 1 memiliki temperatur maksimal yang tinggi sekitar 400°C sesuai Gambar 4.51. Pada ruangan c/off 2 dan ruangan nosp juga memiliki temperatur maksimal 475°C dan 375°C sesuai dengan Gambar 4.52 dan Gambar 4.53. Dari hasil yang di dapat pemodelan kebakaran ini dapat diketahui api menjalar dengan cepat dari ruang electrician yang berada di dek poop menuju dek diatas yaitu dek b melalui tangga. Tangga terbuat dari kayu sehingga mudah terbakar dan menyebarkan api. Ketika api sampai di dek b, api membakar dinding ruang-ruangan di dek tersebut sehingga membuat api semakin berkembang dan membesar.



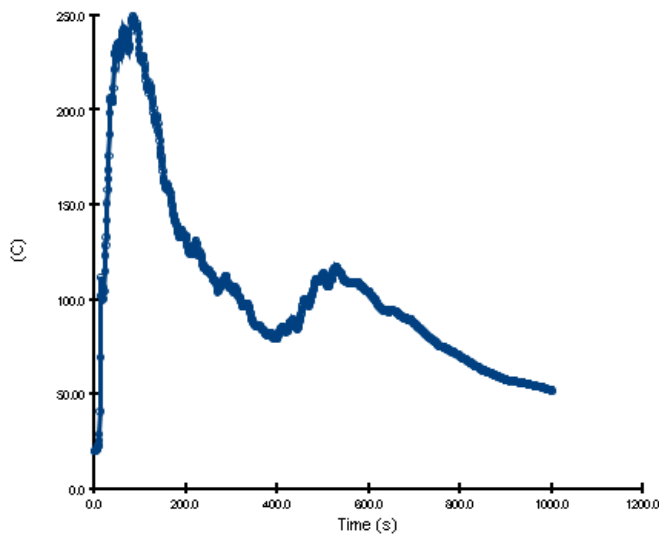
Gambar 4. 54 Grafik temperatur ruang 2/eng



Gambar 4. 55 Grafik temperatur ruang 3/eng.

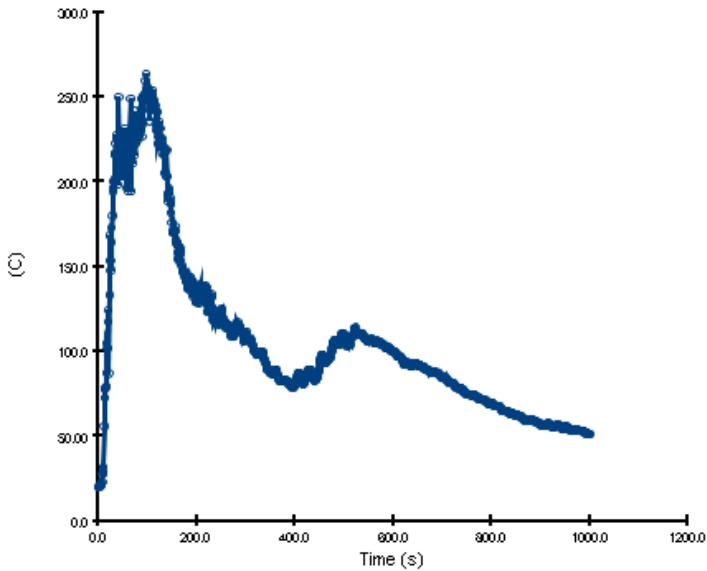


Gambar 4. 56 Grafik temperatur ruang c/eng office

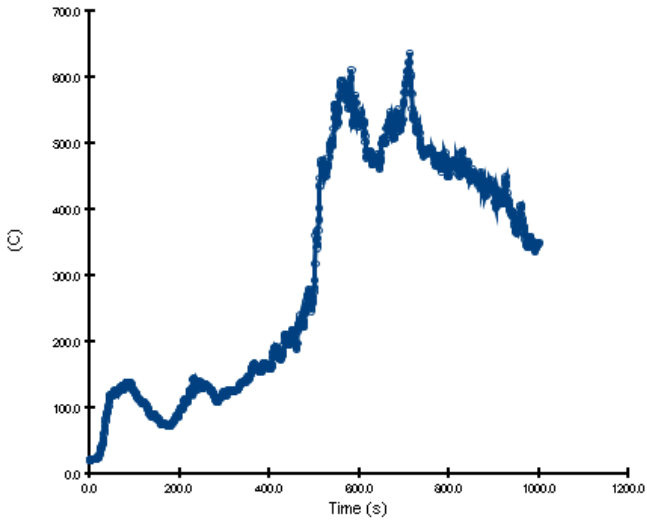


Gambar 4. 57 Grafik temperatur ruang c/off office

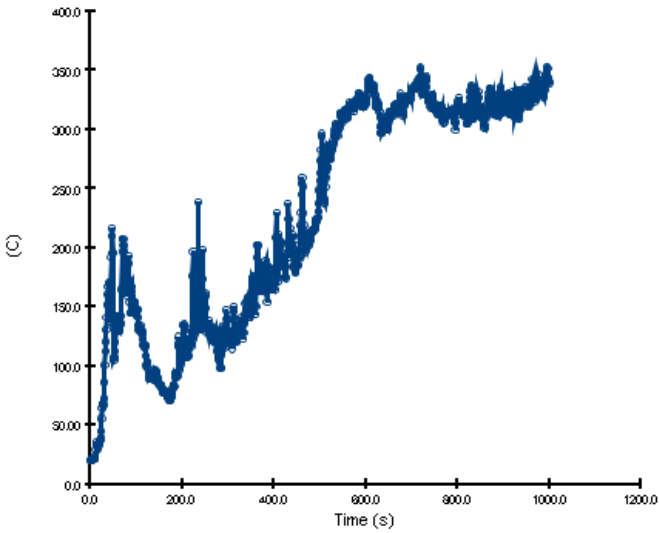
Pada dek b terjadi penurunan jumlah api di bagian starboard kapal sehingga kebakaran di bagian tersebut berkurang. Hal ini dapat dilihat dengan penurunan temperatur ruangan yang berada di bagian kapal tersebut. Penurunan jumlah api dan jumlah temperatur tersebut terjadi karena api menyebar dan naik ke dek c melalui tangga yang berada di dek tersebut sehingga berkurangnya jumlah api yang menyebar ke arah starboard kapal. Pada ruangan 2/eng dan 3/eng memiliki temperatur 280°C dan 300°C sesuai dengan Gambar 4.54 dan Gambar 4.55. Ruangan c/eng office, c/off office dan off spare memiliki temperatur maksimal 280°C , 300°C dan 260°C sesuai Gambar 4.56, Gambar 2.57 dan Gambar 4.58



Gambar 4. 58 Grafik temperatur ruang off spare

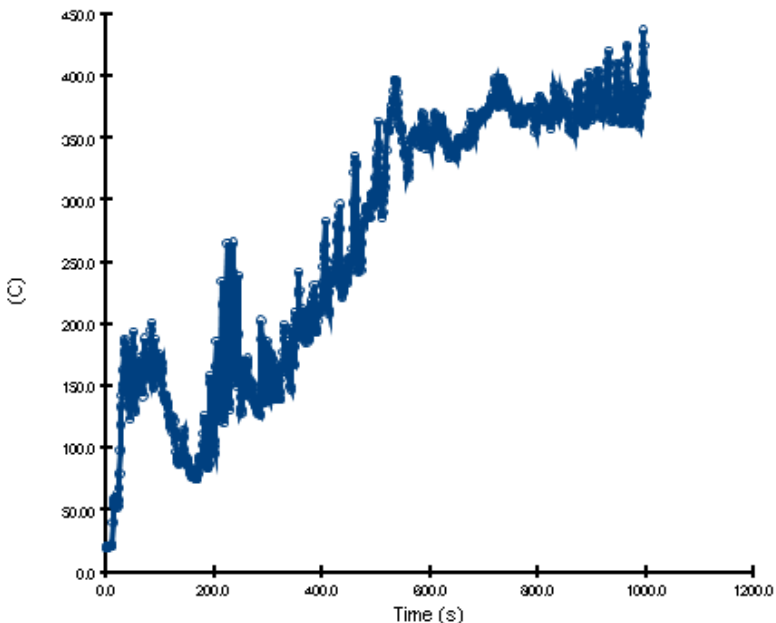


Gambar 4. 59 Grafik temperatur ruang capt state

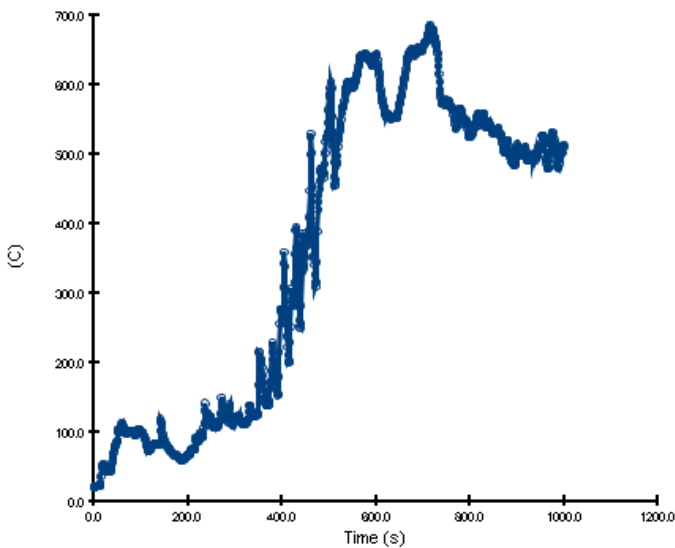


Gambar 4. 60 Grafik temperatur ruang c/eng state

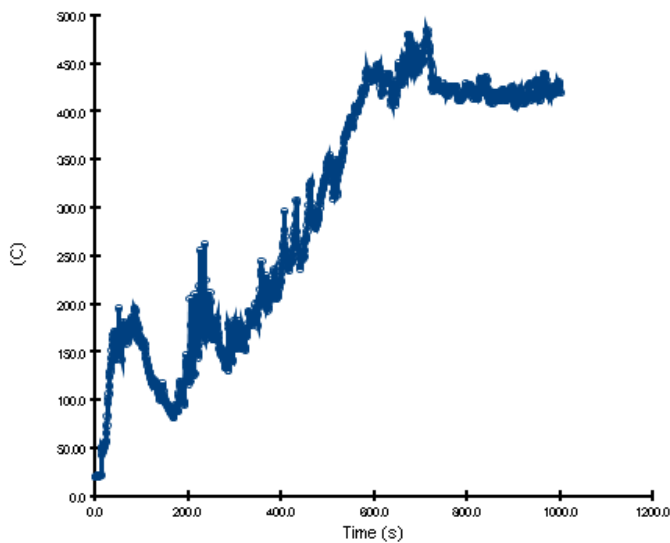
Tangga yang berada di dek b dan menjadi penghubung dengan dek c terbuat dari kayu sehingga mudah terbakar. Setelah api naik melalui tangga tersebut api kemudian menyebar melalui tangga naik dari dek c ke dek bridge karena kedua tangga tersebut berdekatan. Setelah tangga tersebut terbakar maka api menyebar dan membakar ruangan capt state dan ruangan c/eng state. Pada dek c, ruangan capt state dan c/eng state memiliki temperatur maksimal yang tinggi sekitar 600°C dan 400°C sesuai dengan Gambar 4.59 dan Gambar 4.60. Pada dek bridge, ruangan radio memiliki temperatur maksimal 700°C sesuai Gambar 4.61. Pada dek ruang radio office memiliki temperatur maksimal 600°C sesuai Gambar 4.62. Sedangkan pada wheel house kapal tersebut memiliki temperatur maksimal sekitar 500°C sesuai gambar 4.63.



Gambar 4. 61 Grafik temperatur ruang radio



Gambar 4. 62 Grafik temperatur ruang radio office



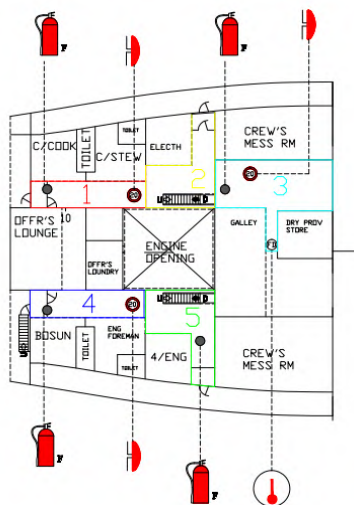
Gambar 4. 63 Grafik temperatur ruang wheel house

4.5 Analisa Alat Pemadam Kebakaran

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kelengkapan alat pemadam kebakaran beserta penempatan di dek poop, dek c, dek b, dan dek bridge. Kebakaran terjadi karena fungsi alat pemadam kebakaran tidak berfungsi seperti seharusnya atau alat tersebut kurang dari segi jumlah dan penempatan di setiap ruangan di dek yang terbakar. Berikut merupakan kelengkapan serta penempatan alat pemadam kebakaran tersebut.

a. Poop Deck

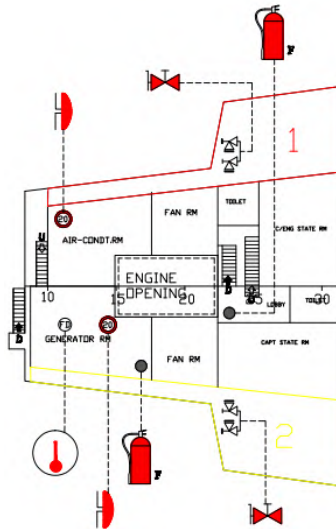
Pada poop deck terdapat alat pemadam kebakaran berupa 4 buah 6 kg *portable fire extinguisher*, 3 buah fire alarm bell dan 1 buah *heat detector*. Portable extinguisher terdapat pada *gangway 1* (depan ruang c/cook), *gangway 4* (depan ruang bosun), *gangway 5* (dekat ruang 4/eng) dan *gangway 3* (depan ruang galley). *Fire alarm bell* terdapat pada *gangway 1* (depan ruang c/stew), *gangway 4* (depan eng foreman) dan *gangway 3* depan crew's mess. *Heat detector* terdapat di *gangway 3* (dekat ruang galley).



Gambar 4. 64 Peletakan Alat pemadam kebakaran di dek poop

b. Dek C

Pada dek c terdapat alat pemadam kebakaran berupa 2 buah 6kg *portable fire extinguisher* , 2 buah *fire alarm bell* , 1 buah *heat detector* dan 2 buah 40mm *hose with 40mm hose coupling*. *Portable fire extinguisher* terdapat pada ruang generator dan lobby. *Fire alarm bell* terdapat pada ruang air conditioner dan generator. *Heat detector* terdapat pada ruang generator. Hose (40mm) terdapat pada *out gangway 1* (bagian luar *port side* kapal) dan *out gangway 2* (bagian luar *starboard* kapal).

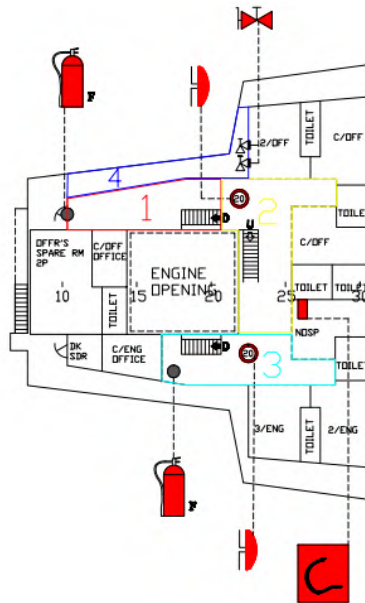


Gambar 4. 65 Peletakan Alat pemadam kebakaran di dek c.

c. Dek B

Pada dek b terdapat alat pemadam kebakaran berupa 2 buah 6kg *portable extinguisher*, 2 buah *fire alarm bell*, 1 buah *hose box with spray or jet fire nozzle* dan 1 buah 40mm *hose with 40mm hose coupling*. *Portable fire*

extinguisher terdapat di *gangway 1* (depan ruang *offr's spare*) dan *gangway 3* (depan ruang *c/eng office*). *Fire alarm bell* terdapat pada *gangway 2* (dekat tangga bagian *port side* kapal) dan *gangway 3* (dekat tangga bagian *starboard* kapal). *Hose box with spray or jet nozzle* terdapat pada ruang *nosp.* 40mm hose with 40mm *hose coupling* terdapat pada *out gangway 4* (bagian luar *port side* kapal).



Gambar 4. 66 Peletakan Alat pemadam kebakaran di dek b

d. Dek Bridge

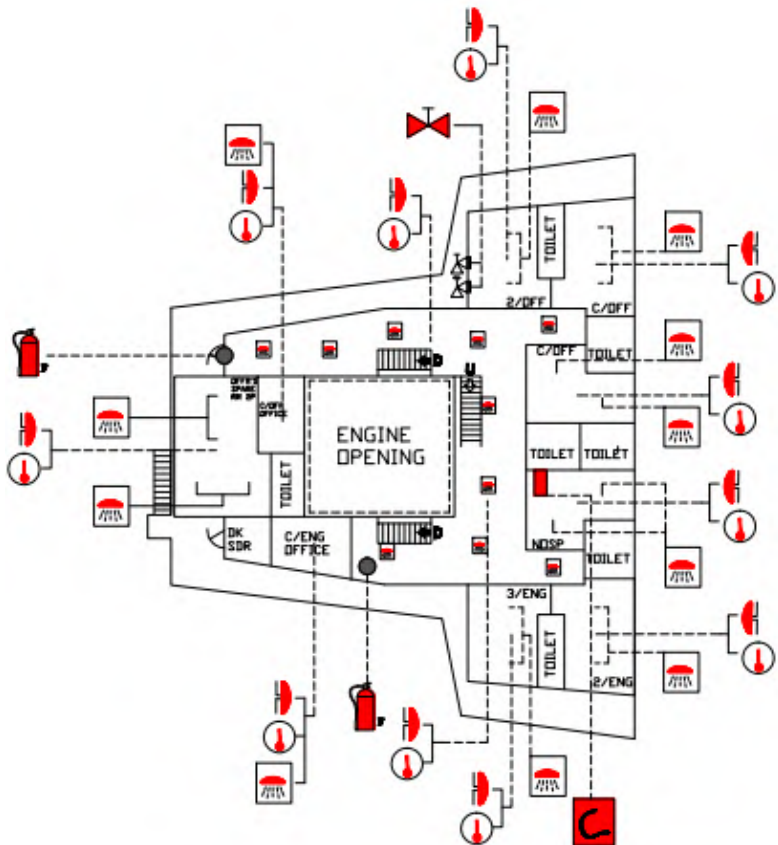
Pada terdapat alat pemadam kebakaran berupa 2 buah 6kg *portable fire extinguisher*, 1 buah *fire alarm bell*, 1 buah *hose box with spray or jet fire nozzle* dan 2 buah 40mm hose with 40mm *hose coupling*. *Portable fire extinguisher* terdapat pada ruang radio dan wheel house. *Fire alarm bell* terdapat

extinguisher dan hydrant. Pada kapal ini tidak terpasang *sprinkler* yaitu alat memancarkan air ketika terdapat api. Alat ini bekerja dapat secara otomatis tanpa bantuan manusia ketika terdapat nyala api sehingga alat ini sangat berguna untuk memadamkan api. Dalam aturan *sprinkler, fire detection dan fire alarm* harus dipasang di dalam ruang akomodasi, dapur dan ruang lainnya. Evaluasi akan dilakukan pada geladak yang terbakar yaitu dek poop, dek b, dek c, dan dek bridge.

a. Dek Poop

Pada bagian diatas telah dijelaskan kelengkapan serta penempatan alat pemadam kebakaran yang berada di dek poop. Dek poop memiliki alat pemadam kebakaran berupa 4 buah 6 kg *portable fire extinguisher (foam)*, 3 buah fire alarm bell dan 1 buah *heat detector*. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa alat pemadam kebakaran yang dimiliki kapal pada geladak ini tidak sesuai dengan regulasi yang mengatur mengenai kelengkapan alat pemadam kebakaran yang harus dimiliki kapal. Di dalam poop deck ini memiliki kekurangan yaitu tidak terdapat sprinkler. Selain itu dalam poop deck ini juga memiliki fire alarm bell dan heat detector yang kurang. Oleh karena itu evaluasi terhadap poop deck dengan menambahkan sprinkler, alarm kebakaran dan pendeteksi kebakaran berupa pendeteksi panas. Berikut merupakan evaluasi yang dilakukan di poop deck.

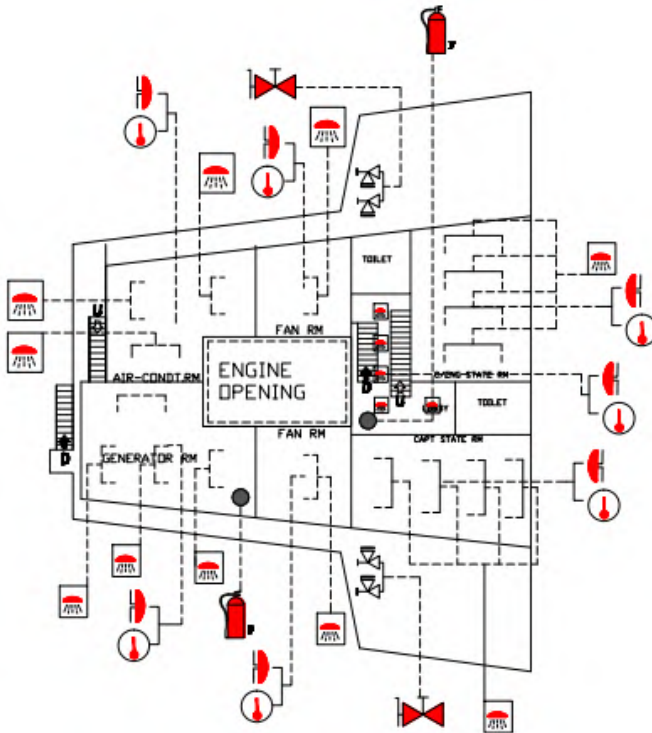
yang harus dimiliki kapal. Di dalam dek b ini memiliki kekurangan yaitu tidak terdapat *sprinkler* serta memiliki *fire alarm bell* dan *heat detector* yang masih belum memenuhi. Oleh karena itu pada dek ini dilakukan evaluasi dengan menambahkan *heat detector*, *fire alarm* dan *sprinkler* pada geladak ini. Berikut merupakan evaluasi terhadap dek b.



Gambar 4. 69 Evaluasi alat pemadam kebakaran di B deck

c. Dek C

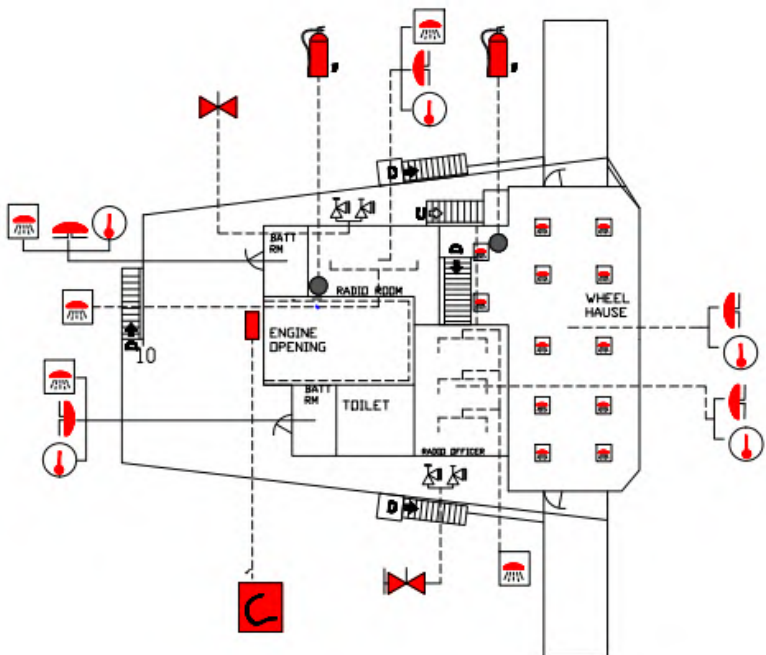
Pada dek c terdapat alat pemadam kebakaran berupa 2 buah 6kg *portable fire extinguisher*, 2 buah *fire alarm bell*, 1 buah *heat detector* dan 2 buah 40mm *hose with 40mm hose coupling*. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa pada dek ini memiliki alat pemadam kebakaran yang kurang memenuhi mengenai kelengkapan *sprinkler* serta *fire alarm bell* dan *heat detector*. Oleh karena itu pada dek ini dilakukan evaluasi dengan menambahkan *sprinkler*, *fire alarm* serta *fire detection* untuk dapat mencegah resiko kebakaran terjadi kembali. Berikut merupakan evaluasi terhadap dek c.



Gambar 4. 70 Evaluasi alat pemadam kebakaran di dek c

d. Dek Bridge

Pada terdapat alat pemadam kebakaran berupa 2 buah 6kg *portable fire extinguisher*, 1 buah *fire alarm bell*, 1 buah *hose box with spray or jet fire nozzle* dan 2 buah 40mm hose with 40mm hose coupling. Dari data ini dapat diketahui pada dek ini memiliki alat pemadam kebakaran yang kurang memenuhi mengenai *fire alarm* dan *fire detection*. Selain itu pada dek ini juga tidak terdapat sprinkler sebagai alat otomatis pemadam kebakaran. Oleh karena itu pada dek ini dilakukan evaluasi dengan menambahkan *sprinkler*, *fire alarm* serta *fire detection* untuk dapat mencegah resiko kebakaran terjadi kembali. Berikut merupakan evaluasi terhadap dek bridge.

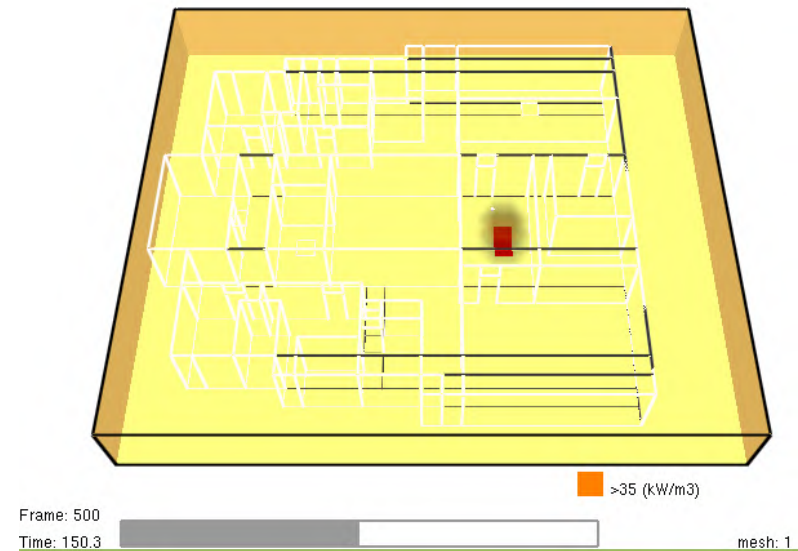


Gambar 4. 71 Evaluasi alat pemadam kebakaran di dek bridge

Setelah melakukan evaluasi terhadap dek yang terbakar sama melakukan simulasi kebakaran di suatu ruangan. Simulasi kebakaran akan dilakukan di dapur menggunakan program Pyrosim. Simulasi akan dilakukan dua kondisi yaitu dapur dilengkapi sprinkler dan dapur tidak dilengkapi *sprinkler*. Tujuan dilakukan ini untuk mengetahui manfaat evaluasi yang dilakukan sebelumnya yaitu dapat mencegah kebakaran terwujud atau kebakaran tetap terjadi walaupun dilengkapi dengan sprinkler otomatis. Berikut merupakan hasil dari simulasi tersebut.

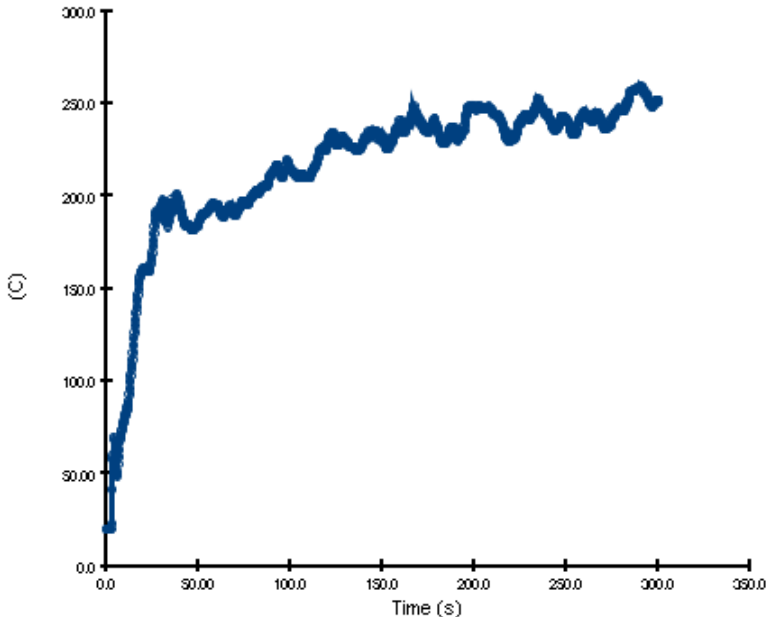
1. Simulasi kebakaran tanpa sprinkler

Pada bagian ini akan dilakukan simulasi di ruang dapur dengan tanpa pemasangan *sprinkler* sebagai alat pemadam kebakaran otomatis. Waktu simulasi kebakaran di asumsinya 300 detik (5 menit). Pada simulasi ini kan dapat diketahui temperatur ruang dapur pada saat kebakaran. Berikut ini merupakan gambar keterangan ketika kebakaran di dapur pada 150,3 detik.



Gambar 4. 72 Simulasi kebakaran di dapur pada 150.3 detik tanpa *sprinkler*

Dari gambar diatas dapat diketahui kebakaran yang terjadi di dapur tanpa adanya *sprinkler* yang dapat bekerja secara otomatis untuk memadamkan api tersebut. Selain itu dapat diketahui temperatur ruangan daur ketika terjadi kebakaran. Berikut merupakan temperatur ruangan dapur.

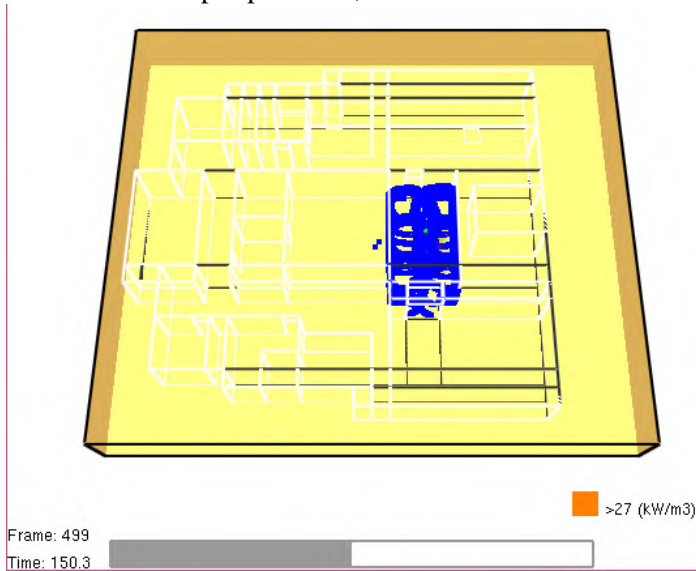


Gambar 4. 73 Temperatur ruangan dapur pada simulasi tanpa *sprinkler*.

Dari data ini dapat diketahui temperatur udara di ruangan dapur meningkat besar karena kebakaran. Temperatur mengalami peningkatan mulai awal sampai akhir tanpa mengalami penurunan. Dengan mengetahui temperatur cenderung mengalami peningkatan dapat disimpulkan kebakaran yang terjadi di ruangan dapur semakin membesar. Jika kebakaran semakin besar maka temperatur diruangan tersebut akan semakin meningkat pula.

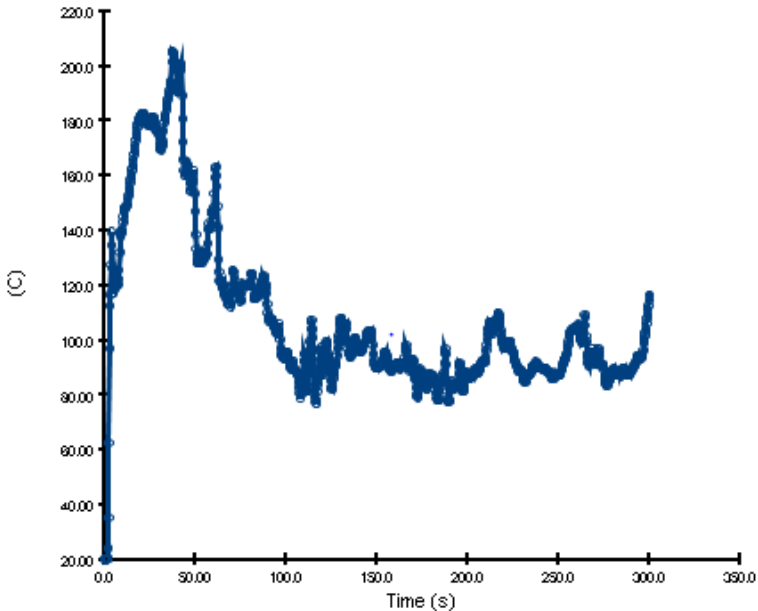
2. Simulasi Kebakaran Menggunakan Sprinkler

Pada bagian ini akan dilakukan simulasi di ruang dapur dengan pemasangan *sprinkler* sebagai alat pemadam kebakaran otomatis. Waktu simulasi kebakaran di asumsinya 300 detik (5 menit). Pada simulasi ini kan dapat diketahui temperatur ruang dapur pada saat kebakaran. Berdasarkan *Fire Safety System* jumlah kapasitas minimal yang disemprotkan sprinkler adalah 5 liter/menit/m². Luas ruangan dapur adalah 14.52 m² sehingga jumlah kapasitas minimal yang disemprotkan sprinkler adalah 72.6 liter. Pada dapur ini dipasang 6 buah *sprinkler* dengan kapasitas 30 liter/menit/m² sehingga kapasitas air yang disemprotkan *sprinkler* yaitu 180 liter dan jumlah ini memenuhi jumlah minimal yang diatur di *Fire Safety System*. *Sprinkler* akan berfungsi secara otomatis menyemprotkan air ketika temperatur ruangan mencapai 74°C. Berikut ini merupakan gambar keterangan ketika kebakaran di dapur pada 150,3 detik.



Gambar 4. 74 Simulasi kebakaran di dapur pada 150.3 detik dengan *sprinkler*

Dari gambar ini dapat diketahui *sprinkler* yang bekerja secara otomatis dengan mendeteksi api sehingga dapat memadamkan api dan mencegah terjadi kebakaran. Selain itu dapat diketahui temperatur ruangan dapur ketika terjadi kebakaran.



Gambar 4. 75 Temperatur ruangan dapur pada simulasi dengan *sprinkler*.

Dari data ini dapat diketahui temperatur udara di ruangan dapur meningkat besar karena kebakaran. Temperatur mengalami peningkatan mulai awal tetapi setelah *sprinkler* bekerja maka terjadi penurunan temperatur ruangan.

Dari kedua simulasi dapat diketahui bahwa temperatur ruangan dapur tanpa *sprinkler* yang terkena kebakaran mengalami kenaikan mulai dari awal sampai akhir tanpa mengalami penurunan. Dengan temperatur yang mengalami kenaikan seperti tersebut dapat disimpulkan kebakaran akan semakin besar dan membakar ruangan yang lain. Berbeda dengan ruangan dapur

dengan *sprinkler* yang terkena kebakaran mengalami kenaikan suhu diawal dan mengalami penurunan setelah sprinkler berfungsi. Hal ini dapat kebakaran tidak semakin besar dan tidak membakar ruangan yang lain.

4.7 Rekomendasi terhadap Peraturan Pemerintahan

Pada peraturan perundang-undangan pemerintahan Republik Indonesia nomor 51 tahun 2002 tentang perkapalan mengatur peraturan mengenai peraturan pemadam kebakaran tepatnya pada bagian keenam mengenai perlindungan, perangkat penemu dan pemadam kebakaran.

- **Pasal 68**

(1) Kapal sesuai dengan jenis dan ukurannya harus:

- a. dirancang bangun dan dikonstruksikan dalam zona-zona vertikal utama dan horisontal untuk perlindungan terhadap bahaya kebakaran; dan
- b. Ketentuan lebih lanjut mengenai zona- zona vertikal utama dan horisontal dan perangkat penemu kebakaran sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) diatur dengan Keputusan Menteri.

- **Pasal 69**

(1) Kapal sesuai dengan jenis dan ukurannya harus dilengkapi

- a. sistem pemadam kebakaran dan alat pemadam kebakaran jinjing yang memenuhi persyaratan; dan
- b. perlengkapan petugas pemadam kebakaran yang memenuhi persyaratan.

(2) Ketentuan lebih lanjut mengenai alat pemadam kebakaran dan perlengkapan petugas pemadam kebakaran sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) diatur dengan Keputusan Menteri

Dari keterangan diatas dapat disimpulkan peraturan pemerintahan yang mengatur tentang pemadam kebakaran kurang lengkap menjelaskan mengenai persyaratan yang harus dilengkapi kapal untuk layak berlayar. Dalam hal ini seharusnya peraturan

pemerintahan tersebut seharusnya menjelaskan secara lengkap mengenai persyaratan pemadam kebakaran yang harus dimiliki kapal untuk layak berlayar. Jumlah kecelakaan kapal yang terjadi berkaitan dengan kelayakan kapal yang tersedia di Indonesia. Dalam hal ini dapat dilihat dari data kecelakaan kapal yang telah diinvestigasi Komite Nasional Keselamatan Transportasi dari tahun 2007-2016 (Mei) penyebab kecelakaan kapal yang paling besar adalah kecelakaan kapal yang disebabkan oleh kebakaran kapal. Selain mengenai peraturan tersebut pengawasan di lapangan sangat perlu diperhatikan untuk menjamin terealisasi peraturan tersebut dalam pembangunan kapal baru.

Halaman ini disengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

MODEL RECORD SIMULATION

&TIME T_END=1000.0/

&DUMP DT_RESTART=300.0/

&MESH ID='Mesh dek Poop', IJK=25,21,3,

XB=2425.0,2447.0,1287.0,1306.0,0.0,2.8/

&MESH ID='Mesh dek C', IJK=25,21,3,

XB=2425.0,2447.0,1287.0,1306.0,5.61,8.4/

&MESH ID='Mesh dek B', IJK=25,21,3,

XB=2425.0,2447.0,1287.0,1306.0,2.8,5.61/

&MESH ID='Mesh dek Bridge', IJK=25,21,3,

XB=2425.0,2447.0,1287.0,1306.0,8.4,11.216/

&REAC ID='POLYURETHANE_REAC',

 FYI='SFPE Handbook, GM27',

 FUEL='REAC_FUEL',

 C=1.0,

 H=1.7,

 O=0.3,

 N=0.08,

 CO_YIELD=0.042,

 SOOT_YIELD=0.198/

&PROP ID='Default', QUANTITY='LINK TEMPERATURE',

ACTIVATION_TEMPERATURE=300.0/

&DEVC ID='HD Electrician Rm', PROP_ID='Default',

XYZ=2434.0,1301.0,2.5/

&DEVC ID='HD Tangga Poop Deck (PS)', PROP_ID='Default',

XYZ=2435.0,1299.0,2.5/

&DEVC ID='HD Tangga Poop Deck (SB)', PROP_ID='Default',

XYZ=2436.0,1293.5,2.5/

&DEVC ID='THCP Electrician Rm',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2433.7,1301.0,2.2/
&DEVC ID='THCP Tangga Poop Deck (PS)',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2435.5,1299.0,2.5/
&DEVC ID='THCP Tangga Poop Deck (SB)',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2436.5,1293.5,2.5/
&DEVC ID='HD c/cook Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2429.0,1299.95,2.5/
&DEVC ID='HD c/stew', PROP_ID='Default',
XYZ=2432.0,1299.95,2.5/
&DEVC ID='HD Dirty Line Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2431.0,1298.4,2.5/
&DEVC ID='HD OFF Laundry', PROP_ID='Default',
XYZ=2430.1,1295.0,2.5/
&DEVC ID='HD Bosun', PROP_ID='Default',
XYZ=2429.25,1292.4,2.5/
&DEVC ID='HD Eng Foreman Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2431.5,1292.4,2.5/
&DEVC ID='HD Officer Mess Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2438.0,1293.0,2.5/
&DEVC ID='HD Galley', PROP_ID='Default',
XYZ=2438.5,1298.0,2.5/
&DEVC ID='HD Crew Mess Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2437.5,1302.0,2.5/
&DEVC ID='HD 4/Eng Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2434.0,1291.5,2.5/
&DEVC ID='HD Officer Lounge Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2428.6,1296.0,2.5/
&DEVC ID='HD 3/Eng Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2437.8,1292.0,4.8/
&DEVC ID='HD 2/Eng Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2440.2,1292.0,4.8/
&DEVC ID='HD NOSP Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2439.2,1295.0,4.8/

&DEVC ID='HD c/off', PROP_ID='Default',
XYZ=2439.2,1297.5,4.8/
&DEVC ID='HD 2/off', PROP_ID='Default',
XYZ=2438.0,1300.5,4.8/
&DEVC ID='HD c/off sblh 2/off', PROP_ID='Default',
XYZ=2440.5,1300.5,4.8/
&DEVC ID='HD off spare rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2430.5,1298.0,4.8/
&DEVC ID='HD c/off office', PROP_ID='Default',
XYZ=2431.5,1298.0,4.8/
&DEVC ID='HD c/eng office', PROP_ID='Default',
XYZ=2433.5,1293.5,4.8/
&DEVC ID='HD Dk SDR', PROP_ID='Default',
XYZ=2430.2,1293.5,4.8/
&DEVC ID='HD capt state rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2439.5,1294.5,7.616/
&DEVC ID='HD c/eng state rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2439.0,1298.5,7.616/
&DEVC ID='HD Tangga B ke C deck', PROP_ID='Default',
XYZ=2437.5,1296.6,5.0/
&DEVC ID='HD Radio Rm', PROP_ID='Default',
XYZ=2436.5,1298.5,10.408/
&DEVC ID='HD Radio Officer', PROP_ID='Default',
XYZ=2438.7,1295.5,10.408/
&DEVC ID='HD Tangga c ke bridge deck', PROP_ID='Default',
XYZ=2438.0,1297.0,8.0/
&DEVC ID='HD wheel house', PROP_ID='Default',
XYZ=2442.0,1296.0,10.5/
&DEVC ID='THCP c/stew', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2431.7,1300.1,2.0/
&DEVC ID='THCP c/cook', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2428.7,1300.0,2.0/
&DEVC ID='THCP Lounge', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2428.4,1296.0,2.0/

&DEVC ID='THCP Bosun', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2428.96,1292.34,2.0/
&DEVC ID='THCP Eng foreman',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2432.7,1292.34,2.0/
&DEVC ID='THCP Officer Mess rm',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2437.7,1290.43,1.7087/
&DEVC ID='THCP dk dsr', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2430.2,1293.63,4.6/
&DEVC ID='THCP Loundry', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2430.7,1294.76,2.0/
&DEVC ID='THCP Dirty line', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2430.7,1298.3,2.0/
&DEVC ID='THCP GALLEY',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2438.2,1298.2,2.0/
&DEVC ID='THCP dry prov store',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2442.2,1297.0,2.0/
&DEVC ID='HD dry prov store', PROP_ID='Default',
XYZ=2442.0,1298.0,1.8/
&DEVC ID='THCP 2/eng rm', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2440.2,1291.83,4.6/
&DEVC ID='THCP 2/off ', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2438.2,1300.43,4.6/
&DEVC ID='THCP c/off B', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2440.25,1300.43,4.6/
&DEVC ID='THCP c/eng office',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2433.8,1293.63,4.8/
&DEVC ID='THCP off spare', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2430.7,1298.23,4.8/
&DEVC ID='THCP c/off office',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2431.7,1298.23,4.8/
&DEVC ID='THCP capt state rm',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2439.7,1294.48,7.6/
&DEVC ID='THCP c/eng state rm',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2438.9,1298.48,7.6/

&DEVC ID='THCP tangga B ke C deck',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2438.54,1297.0,5.44/
&DEVC ID='THCP Radio rm', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2436.79,1298.6,10.1/
&DEVC ID='THCP wheel house01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2439.04,1297.0,10.5/
&DEVC ID='THCP wheel house',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2441.04,1296.5,10.5/
&DEVC ID='THCP Radio Officer',
QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2438.72,1295.35,10.5825/
&DEVC ID='THCP wheel house02',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2437.74,1297.0,10.5/
&DEVC ID='THCP Tangga c ke anjungan',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2438.24,1297.0,8.0/
&DEVC ID='THCP Dirty line01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2430.7,1297.8,2.0/
&DEVC ID='THCP dry prov store01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2442.4,1297.7,2.0/
&DEVC ID='THCP GALLEY01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2438.2,1297.2,2.0/
&DEVC ID='THCP off spare01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2430.7,1297.23,4.6/
&DEVC ID='THCP c/off office01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2431.7,1297.23,4.6/
&DEVC ID='THCP 3/eng rm', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2437.9,1291.83,4.6/
&DEVC ID='THCP 2/eng rm01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2440.7,1291.33,4.6/
&DEVC ID='THCP 3/eng rm01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2438.4,1290.69,4.808/
&DEVC ID='THCP nosp rm', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2439.2,1294.83,4.6/
&DEVC ID='THCP nosp rm01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2439.2,1295.13,4.6/

&DEVC ID='THCP C/Off', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2439.2,1297.23,4.6/
&DEVC ID='THCP C/Off01', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2439.2,1297.48,4.6/
&DEVC ID='THCP c/off B01', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2440.55,1300.43,4.6/
&DEVC ID='THCP 2/off 01', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2437.9,1300.43,4.6/
&DEVC ID='THCP Radio Officer01',
QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2438.72,1295.55,10.5825/
&DEVC ID='THCP Radio rm01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2436.79,1298.4,10.1/
&DEVC ID='THCP Lobby', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2439.2,1295.48,7.6/
&DEVC ID='THCP capt state rm01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2439.77,1293.64,7.716/
&DEVC ID='THCP c/eng state rm01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2440.3,1298.02,7.616/
&DEVC ID='THCP wheel house03',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2441.04,1295.5,10.5/
&DEVC ID='HD Batt Rm (PS)', PROP_ID='Default',
XYZ=2432.5,1298.5,10.408/
&DEVC ID='THCP Batt Rm (PS)',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2432.79,1298.4,10.5/
&DEVC ID='THCP Batt Rm (SB)',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2433.49,1293.9,10.5/
&DEVC ID='HD Batt Rm (SB)', PROP_ID='Default',
XYZ=2433.2,1294.0,10.408/
&DEVC ID='THCP Radio rm02',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2436.29,1298.4,10.1/
&DEVC ID='THCP Radio rm03',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2436.29,1298.6,10.1/
&DEVC ID='THCP 4/Eng', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2434.2,1291.34,2.0/

&DEVC ID='THCP nosp rm02',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2439.2,1294.83,4.4/
&DEVC ID='THCP nosp rm03',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2439.2,1295.13,4.4/
&DEVC ID='THCP c/eng office01',
QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2432.8,1293.63,4.8/
&DEVC ID='HD c/stew01', PROP_ID='Default',
XYZ=2432.0,1300.95,2.5/
&DEVC ID='HD c/cook Rm01', PROP_ID='Default',
XYZ=2429.0,1300.95,2.5/
&DEVC ID='THCP c/stew01', QUANTITY='TEMPERATURE',
XYZ=2431.5,1301.5,2.0/

&CTRL ID='Control dek B',
FUNCTION_TYPE='DEADBAND', SETPOINT=200.0,300.0,
ON_BOUND='UPPER', LATCH=.FALSE., INPUT_ID='THCP
C/Off'/
&CTRL ID='Control03', FUNCTION_TYPE='DEADBAND',
SETPOINT=200.0,300.0, ON_BOUND='UPPER',
LATCH=.FALSE., INPUT_ID='THCP Tangga Poop Deck (PS)'/
&CTRL ID='Control 2/off', FUNCTION_TYPE='DEADBAND',
SETPOINT=200.0,300.0, ON_BOUND='UPPER',
LATCH=.FALSE., INPUT_ID='THCP tangga B ke C deck'/
&CTRL ID='Control dek c', FUNCTION_TYPE='DEADBAND',
SETPOINT=200.0,300.0, ON_BOUND='UPPER',
LATCH=.FALSE., INPUT_ID='THCP Lobby'/
&CTRL ID='Control wheel house',
FUNCTION_TYPE='DEADBAND', SETPOINT=200.0,300.0,
ON_BOUND='UPPER', LATCH=.FALSE., INPUT_ID='THCP
wheel house01'/
&CTRL ID='Control c/stew',
FUNCTION_TYPE='DEADBAND', SETPOINT=200.0,300.0,
ON_BOUND='UPPER', LATCH=.FALSE., INPUT_ID='THCP
c/stew'/

&MATL ID='STEEL',
FYI='Drysedale, Intro to Fire Dynamics - ATF NIST Multi-Floor Validation',

SPECIFIC_HEAT=0.46,
CONDUCTIVITY=45.8,
DENSITY=7850.0,
EMISSION=0.95/

&MATL ID='INSULATION',
FYI='Isolatek BLAZE-SHIELD DC/F - WTC FDS5 Validation',

SPECIFIC_HEAT_RAMP='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP',

CONDUCTIVITY_RAMP='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP',

DENSITY=208.0/

&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP',
T=20.0, F=0.05/

&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP',
T=377.0, F=0.1/

&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP',
T=677.0, F=0.2/

&RAMP ID='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP',
T=20.0, F=0.8/

&RAMP ID='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP',
T=677.0, F=2.0/

&MATL ID='Wood',
SPECIFIC_HEAT=2.3,
CONDUCTIVITY=0.22,
DENSITY=600.0,
EMISSION=0.86/

&SURF ID='Dinding Luar',
RGB=146,202,166,


```

BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='STEEL',
MATL_ID(2,1)='INSULATION',
MATL_ID(3,1)='Wood',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
MATL_MASS_FRACTION(2,1)=1.0,
MATL_MASS_FRACTION(3,1)=1.0,
THICKNESS(1:3)=0.04,0.04,0.04/
&SURF ID='Dinding Dalam',
RGB=102,51,0,
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='Wood',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.04/
&SURF ID='Lantai',
COLOR='GRAY 20',
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='STEEL',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.008/
&SURF ID='Fire',
COLOR='RED',
HRRPUA=4000.0/
&SURF ID='fire dek B',
COLOR='RED',
HRRPUA=500.0/
&SURF ID='Fire dek C',
COLOR='RED',
HRRPUA=500.0/
&SURF ID='fire anjungan',
COLOR='RED',
HRRPUA=1000.0/

&OBST XB=2425.88,2425.92,1293.94,1298.48,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14E6

```

&OBST XB=2443.38,2443.42,1288.37,1304.06,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14EB
&OBST XB=2427.0,2427.51,1302.44,1302.48,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14F0
&OBST XB=2426.98,2427.02,1298.46,1302.49,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14F2
&OBST XB=2433.23,2433.27,1299.91,1303.33,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
14F5
&OBST XB=2435.73,2435.77,1300.78,1303.58,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
14F6
&OBST XB=2436.98,2437.02,1298.46,1301.1,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
14F7
&OBST XB=2437.0,2443.4,1301.06,1301.1,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
14F8
&OBST XB=2432.0,2437.0,1298.44,1298.48,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14F9
&OBST XB=2432.0,2437.0,1293.94,1293.98,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14FA
&OBST XB=2436.98,2437.02,1293.96,1298.46,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14FB
&OBST XB=2425.9,2428.7,1298.44,1298.48,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14FD
&OBST XB=2425.9,2428.7,1293.94,1293.98,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 14FE
&OBST XB=2429.98,2430.02,1299.91,1300.41,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
14FF
&OBST XB=2429.5,2430.5,1300.39,1300.43,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1500

&OBST XB=2429.48,2429.52,1300.41,1302.74,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1501

&OBST XB=2431.75,2433.25,1301.91,1301.95,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1508

&OBST XB=2430.0,2432.0,1298.44,1298.48,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
150B

&OBST XB=2431.98,2432.02,1293.96,1298.46,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
150C

&OBST XB=2430.0,2432.0,1296.64,1296.68,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
150E

&OBST XB=2442.0,2442.5,1298.27,1298.31,2.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1517

&OBST XB=2440.38,2440.42,1295.69,1298.29,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1518

&OBST XB=2440.4,2443.4,1295.67,1295.71,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1519

&OBST XB=2437.0,2439.77,1298.44,1298.48,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1526

&OBST XB=2427.0,2433.25,1299.89,1299.93,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
152E

&OBST XB=2433.25,2435.75,1300.76,1300.8,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
152F

&OBST XB=2431.73,2431.77,1301.93,1303.11,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1530

&OBST XB=2428.68,2428.72,1293.98,1298.48,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1531

&OBST XB=2429.98,2430.02,1293.96,1298.46,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1532

&OBST XB=2426.95,2426.99,1289.97,1293.96,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 1534

&OBST XB=2433.2,2433.24,1289.1,1292.46,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1536

&OBST XB=2435.7,2435.74,1288.79,1291.59,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1537

&OBST XB=2429.95,2429.99,1291.96,1292.46,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1538

&OBST XB=2429.45,2430.49,1291.94,1291.98,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1539

&OBST XB=2429.45,2429.49,1289.7,1291.96,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
153A

&OBST XB=2431.72,2433.22,1290.42,1290.46,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
153C

&OBST XB=2426.97,2433.24,1292.44,1292.48,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1540

&OBST XB=2431.7,2431.74,1289.32,1290.44,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1543

&OBST XB=2426.95,2427.51,1289.95,1289.99,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 1544
&OBST XB=2430.0,2432.0,1293.94,1293.98,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
17F4
&OBST XB=2437.0,2443.4,1293.19,1293.23,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
17F5
&OBST XB=2436.98,2437.02,1301.1,1303.67,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', PERMIT_HOLE=.FALSE.,
SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 14F7
&OBST XB=2442.5,2443.4,1298.27,1298.31,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1517
&OBST XB=2440.4,2442.0,1298.27,1298.31,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1517
&OBST XB=2442.39,2442.43,1288.75,1303.65,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 9E6
&OBST XB=2428.59,2428.63,1294.1,1298.32,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 9FF
&OBST XB=2428.61,2430.11,1298.28,1298.32,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A00
&OBST XB=2431.09,2431.13,1296.0,1298.3,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A01
&OBST XB=2431.11,2432.51,1295.98,1296.02,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A02
&OBST XB=2431.11,2432.51,1298.28,1298.32,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A03
&OBST XB=2428.59,2430.11,1294.08,1294.12,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A04
&OBST XB=2431.49,2431.53,1294.1,1296.0,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A05
&OBST XB=2440.91,2442.41,1293.98,1294.02,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A06

&OBST XB=2430.09,2430.13,1292.85,1294.1,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', PERMIT_HOLE=.FALSE.,
SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A07
&OBST XB=2432.51,2437.01,1298.28,1298.32,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A08
&OBST XB=2432.51,2437.01,1294.08,1294.12,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A09
&OBST XB=2436.99,2437.03,1294.08,1298.32,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A0A
&OBST XB=2433.89,2433.93,1292.2,1294.1,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
A0B
&OBST XB=2440.89,2440.93,1292.05,1294.02,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
A0D
&OBST XB=2434.91,2437.41,1292.05,1292.09,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', PERMIT_HOLE=.FALSE.,
SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A0E
&OBST XB=2439.16,2442.41,1295.48,1295.52,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
A0F
&OBST XB=2439.14,2439.18,1295.5,1296.9,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A10
&OBST XB=2439.16,2442.41,1296.88,1296.92,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A11
&OBST XB=2440.76,2440.8,1295.5,1296.9,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A12
&OBST XB=2440.91,2442.41,1292.23,1292.27,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A13
&OBST XB=2439.89,2439.93,1291.17,1292.07,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A14
&OBST XB=2439.51,2440.31,1291.15,1291.19,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A15
&OBST XB=2439.49,2439.53,1289.0,1291.17,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A16

&OBST XB=2440.29,2440.33,1288.93,1291.17,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A17
&OBST XB=2437.39,2437.43,1289.17,1292.07,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A18
&OBST XB=2440.96,2442.41,1298.38,1298.42,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
A1B
&OBST XB=2440.94,2440.98,1298.38,1299.25,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
A1C
&OBST XB=2439.14,2439.18,1296.9,1299.27,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', REMOVABLE=.FALSE.,
SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A1D
&OBST XB=2440.96,2442.41,1300.08,1300.12,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
A1F
&OBST XB=2440.94,2440.98,1299.25,1300.1,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A20
&OBST XB=2430.09,2430.13,1298.3,1299.57,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', PERMIT_HOLE=.FALSE.,
SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A21
&OBST XB=2434.91,2437.41,1300.31,1300.35,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Dinding
Luar'/ AcDbLine - A23
&OBST XB=2440.94,2440.98,1300.1,1300.35,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A24
&OBST XB=2439.16,2440.91,1293.08,1293.12,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A29
&OBST XB=2439.14,2439.18,1293.08,1295.5,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
A2A
&OBST XB=2439.89,2439.93,1300.33,1301.23,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A30
&OBST XB=2439.49,2440.33,1301.21,1301.25,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A31

&OBST XB=2439.49,2439.53,1301.23,1303.41,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A32
&OBST XB=2440.29,2440.33,1301.23,1303.48,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A33
&OBST XB=2437.39,2437.43,1300.31,1303.23,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A34
&OBST XB=2431.49,2431.53,1292.62,1294.1,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
A3C
&OBST XB=2437.39,2437.89,1300.31,1300.35,4.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A44
&OBST XB=2439.89,2440.96,1300.31,1300.35,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A44
&OBST XB=2437.89,2439.89,1300.31,1300.35,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A44
&OBST XB=2437.41,2440.91,1292.05,1292.09,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A45
&OBST XB=2432.49,2432.53,1294.1,1298.3,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A99
&OBST XB=2430.11,2431.11,1298.28,1298.32,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/ AcDbLine - A00
&OBST XB=2430.11,2432.51,1294.08,1294.12,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/ AcDbLine - A04
&OBST XB=2439.18,2440.97,1299.23,1299.27,2.808,5.608,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - A29
&OBST XB=2438.81,2442.46,1296.16,1296.2,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 197
&OBST XB=2428.79,2428.83,1292.62,1296.2,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 198
&OBST XB=2428.81,2429.56,1296.16,1296.2,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19D
&OBST XB=2432.49,2432.53,1294.83,1297.53,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19E
&OBST XB=2432.51,2437.01,1297.51,1297.55,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19F

&OBST XB=2432.51,2437.01,1294.81,1294.85,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 1A0
&OBST XB=2436.99,2437.03,1294.83,1297.53,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 1A1
&OBST XB=2434.09,2434.13,1292.07,1294.83,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 1A3
&OBST XB=2436.99,2437.03,1297.53,1300.55,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 1A4
&OBST XB=2434.09,2434.13,1297.53,1300.21,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 1A5
&OBST XB=2437.01,2438.81,1298.81,1298.85,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1AB
&OBST XB=2438.79,2438.83,1296.16,1300.76,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1AC
&OBST XB=2437.01,2442.46,1294.56,1294.6,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1AD
&OBST XB=2440.14,2440.18,1294.58,1296.18,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1AE
&OBST XB=2429.54,2429.58,1296.16,1299.7,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 1FD
&OBST XB=2442.39,2442.43,1291.16,1301.2,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 215
&OBST XB=2436.99,2437.03,1291.76,1294.83,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 222
&OBST XB=2429.56,2432.51,1296.16,1296.2,5.616,8.416,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 223
&OBST XB=2431.92,2431.96,1297.2,1299.22,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', PERMIT_HOLE=.FALSE.,
BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine -
834

&OBST XB=2431.92,2431.96,1294.68,1297.2,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 835
&OBST XB=2431.94,2438.84,1299.18,1299.22,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 836
&OBST XB=2432.72,2432.76,1292.68,1294.7,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', PERMIT_HOLE=.FALSE.,
SURF_ID='INERT'/ AcDbLine - 838
&OBST XB=2432.74,2438.84,1292.68,1292.72,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 839
&OBST XB=2438.82,2438.86,1299.18,1300.32,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 83A
&OBST XB=2438.82,2438.86,1291.68,1292.7,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 83B
&OBST XB=2438.84,2442.16,1300.28,1300.32,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', PERMIT_HOLE=.FALSE.,
SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 83C
&OBST XB=2442.42,2442.46,1296.0,1299.72,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 83D
&OBST XB=2442.42,2442.46,1292.28,1296.0,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 83F
&OBST XB=2431.94,2436.19,1294.68,1294.72,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 84A
&OBST XB=2436.17,2436.21,1294.7,1297.2,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 84B
&OBST XB=2431.94,2436.19,1297.18,1297.22,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 84C
&OBST XB=2433.17,2433.21,1297.2,1299.2,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 84D
&OBST XB=2436.87,2436.91,1296.4,1299.2,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 84E
&OBST XB=2433.97,2434.01,1292.7,1294.7,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 84F
&OBST XB=2436.17,2436.21,1292.7,1294.7,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 850

&OBST XB=2438.82,2438.86,1292.68,1296.42,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam',
TEXTURE_ORIGIN=2438.82,1292.68,8.408/ AcDbLine - 851
&OBST XB=2436.19,2438.84,1296.38,1296.42,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine - 852
&OBST XB=2438.84,2442.16,1291.68,1291.72,8.408,11.208,
COLOR='WHITE', PERMIT_HOLE=.FALSE.,
SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 919
&OBST XB=2436.44,2437.32,1303.29,1304.19,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbSpline -
14F1
&OBST XB=2427.64,2430.28,1302.38,1302.38,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbSpline -
14F1
&OBST XB=2430.28,2436.44,1303.29,1303.29,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbSpline -
14F1
&OBST XB=2437.32,2443.48,1304.19,1304.19,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbSpline -
14F1
&OBST XB=2430.28,2430.28,1302.38,1303.29,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbSpline -
14F1
&OBST XB=2430.28,2430.28,1300.57,1303.29,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1502
&OBST XB=2429.4,2430.28,1300.57,1301.48,0.0,0.0,
COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/ AcDbMText - 1505
&OBST XB=2439.96,2439.96,1293.33,1298.76,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1527
&OBST XB=2430.28,2430.28,1289.71,1291.52,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
153B

&OBST XB=2434.5,2435.74,1291.57,1291.61,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2434.0,2434.5,1291.57,1291.61,2.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2433.22,2434.0,1291.57,1291.61,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2434.5,2435.74,1291.57,1291.61,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2434.0,2434.5,1291.57,1291.61,2.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2433.22,2434.0,1291.57,1291.61,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2434.5,2435.74,1291.57,1291.61,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2434.0,2434.5,1291.57,1291.61,2.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2433.22,2434.0,1291.57,1291.61,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1542

&OBST XB=2427.64,2432.04,1289.71,1289.71,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbSpline -
1545

&OBST XB=2432.04,2443.48,1288.81,1288.81,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbSpline -
1545

&OBST XB=2432.04,2432.04,1288.81,1289.71,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbSpline -
1545
&OBST XB=2437.32,2437.32,1288.81,1294.24,0.0,2.8,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Dalam'/ AcDbLine -
1547
&OBST XB=2425.88,2443.48,1294.24,1298.76,0.0,0.0,
SURF_ID='Lantai'/ Obstruction
&OBST XB=2426.76,2443.48,1289.71,1294.24,0.0,0.0,
SURF_ID='Lantai'/ Obstruction
&OBST XB=2426.76,2443.48,1298.76,1302.38,0.0,0.0,
SURF_ID='Lantai'/ Obstruction
&OBST XB=2430.28,2443.48,1302.38,1303.29,0.0,0.0,
SURF_ID='Lantai'/ Obstruction
&OBST XB=2432.04,2443.48,1288.81,1289.71,0.0,0.0,
SURF_ID='Lantai'/ Obstruction
&OBST XB=2436.44,2443.48,1303.29,1304.19,0.0,0.0,
SURF_ID='Lantai'/ Obstruction
&OBST XB=2425.88,2443.48,1294.24,1298.76,2.8,2.8,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap Poop Deck
&OBST XB=2426.76,2443.48,1289.71,1294.24,2.8,2.8,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap Poop Deck
&OBST XB=2426.76,2443.48,1298.76,1302.38,2.8,2.8,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap Poop Deck
&OBST XB=2430.28,2443.48,1302.38,1303.29,2.8,2.8,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap Poop Deck
&OBST XB=2432.04,2443.48,1288.81,1289.71,2.8,2.8,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap Poop Deck
&OBST XB=2436.44,2443.48,1303.29,1304.19,2.8,2.8,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap Poop Deck
&OBST XB=2430.28,2434.68,1292.43,1292.43,2.8,5.61,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A0C
&OBST XB=2437.32,2442.6,1288.81,1288.81,2.8,5.61,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A1A

&OBST XB=2430.28,2433.8,1299.67,1299.67,2.8,5.61,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A22
&OBST XB=2433.8,2434.68,1300.57,1300.57,2.8,5.61,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A22
&OBST XB=2433.8,2433.8,1299.67,1300.57,2.8,5.61,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A22
&OBST XB=2437.32,2442.6,1303.29,1303.29,2.8,5.61,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - A35
&OBST XB=2432.92,2433.8,1299.67,1300.57,5.61,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19A
&OBST XB=2440.84,2441.72,1300.57,1301.48,5.61,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19A
&OBST XB=2429.4,2432.92,1299.67,1299.67,5.61,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19A
&OBST XB=2433.8,2440.84,1300.57,1300.57,5.61,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19A
&OBST XB=2441.72,2442.6,1301.48,1301.48,5.61,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19A
&OBST XB=2432.92,2433.8,1299.67,1300.57,8.4,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19A
&OBST XB=2440.84,2441.72,1300.57,1301.48,8.4,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19A
&OBST XB=2434.68,2435.56,1291.52,1292.43,5.61,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19B
&OBST XB=2428.52,2434.68,1292.43,1292.43,5.61,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19B
&OBST XB=2435.56,2442.6,1291.52,1291.52,5.61,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19B
&OBST XB=2434.68,2435.56,1291.52,1292.43,8.4,8.4,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 19B
&OBST XB=2441.72,2442.6,1299.67,1300.57,8.4,11.216,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 845
&OBST XB=2441.72,2441.72,1300.57,1301.48,8.4,11.216,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 845

&OBST XB=2441.72,2442.6,1291.52,1291.52,8.4,11.216,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 918
&OBST XB=2441.72,2441.72,1290.62,1291.52,8.4,11.216,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 918
&OBST XB=2442.6,2442.6,1291.52,1292.43,8.4,11.216,
COLOR='WHITE', SURF_ID='Dinding Luar'/ AcDbLine - 918
&OBST XB=2432.04,2442.6,1294.24,1299.67,11.216,11.216,
SURF_ID='Lantai'/ Atap bridge deck
&OBST XB=2432.92,2442.6,1292.43,1294.24,11.216,11.216,
SURF_ID='Lantai'/ Atap bridge deck
&OBST XB=2439.08,2442.6,1291.52,1292.43,11.216,11.216,
SURF_ID='Lantai'/ Atap bridge deck
&OBST XB=2439.08,2442.6,1299.67,1300.57,11.216,11.216,
SURF_ID='Lantai'/ Atap bridge deck
&OBST XB=2428.52,2442.6,1292.43,1298.76,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2429.4,2442.6,1298.76,1299.67,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2432.92,2442.6,1299.67,1300.57,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2434.68,2442.6,1291.52,1292.43,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2437.32,2442.6,1288.81,1291.52,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2437.32,2442.6,1300.57,1303.29,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2428.52,2442.6,1292.43,1298.76,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2429.4,2442.6,1298.76,1299.67,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2432.92,2442.6,1299.67,1300.57,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2434.68,2442.6,1291.52,1292.43,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek

&OBST XB=2437.32,2442.6,1288.81,1291.52,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2437.32,2442.6,1300.57,1303.29,5.61,5.61,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai'/ Atap b dek
&OBST XB=2428.52,2442.6,1292.43,1296.05,8.4,8.4,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai', CTRL_ID='Control dek
B'/ Atap C dek
&OBST XB=2429.4,2442.6,1296.05,1299.67,8.4,8.4,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai', CTRL_ID='Control dek
B'/ Atap C dek
&OBST XB=2432.92,2442.6,1299.67,1300.57,8.4,8.4,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai', CTRL_ID='Control dek
B'/ Atap C dek
&OBST XB=2434.68,2442.6,1291.52,1292.43,8.4,8.4,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai', CTRL_ID='Control dek
B'/ Atap C dek
&OBST XB=2440.84,2442.6,1300.57,1301.48,8.4,8.4,
OUTLINE=.TRUE., SURF_ID='Lantai', CTRL_ID='Control dek
B'/ Atap C dek

&HOLE XB=2435.73,2435.78,1301.5,1302.0,0.008,2.008/ Pintu
Elect
&HOLE XB=2428.5,2429.0,1299.89,1299.93,0.008,2.008/ Pintu
c/cook
&HOLE XB=2431.5,2432.0,1299.89,1299.93,0.008,2.008/ Pintu
c/stew
&HOLE XB=2428.68,2428.72,1295.5,1296.0,0.008,2.008/ Pintu
Off Lauge
&HOLE XB=2430.5,2431.0,1298.44,1298.48,0.008,2.008/ Pintu
Dirty Line
&HOLE XB=2429.98,2430.03,1294.5,1295.0,0.008,2.008/ Pintu
Off Loundry
&HOLE XB=2428.75,2429.25,1292.43,1292.48,0.008,2.008/
Pintu Bosun

&HOLE XB=2432.37,2432.87,1292.43,1292.48,0.008,2.008/
Pintu Eng Foreman
&HOLE XB=2434.0,2434.5,1291.57,1291.61,0.008,2.008/ Pintu
4/eng
&HOLE XB=2436.98,2437.02,1290.26,1290.76,0.008,2.008/
Pintu Off mess rm
&HOLE XB=2437.8,2438.6,1293.19,1293.23,0.008,2.008/ Pintu
galley-off mes rm
&HOLE XB=2437.73,2438.53,1298.44,1298.48,0.008,2.008/
Pintu Galley
&HOLE XB=2436.98,2437.02,1301.55,1302.05,0.008,2.008/
Pintu Crew mess rm
&HOLE XB=2436.98,2437.02,1300.0,1300.6,0.008,2.008/ Pintu
ke dpn crew mess rm
&HOLE XB=2442.0,2442.5,1298.27,1298.31,0.008,2.008/ Pintu
Dry prov
&HOLE XB=2437.65,2438.15,1292.05,1292.09,2.808,4.808/
Pintu 3/eng
&HOLE XB=2440.07,2440.57,1292.05,1292.09,2.808,4.808/
Pintu 2/eng
&HOLE XB=2439.14,2439.18,1293.73,1294.23,2.808,4.808/
Pintu NOSP
&HOLE XB=2439.14,2439.18,1297.15,1297.65,2.808,4.808/
Pintu c/off
&HOLE XB=2437.39,2437.89,1300.31,1300.35,2.808,4.808/
Pintu 2/off
&HOLE XB=2440.21,2440.71,1300.31,1300.35,2.808,4.808/
Pintu c/off
&HOLE XB=2430.45,2430.95,1298.28,1298.32,2.808,4.808/
Pintu off Spare rm
&HOLE XB=2431.29,2431.79,1298.28,1298.32,2.808,4.808/
Pintu c/off office
&HOLE XB=2433.89,2433.93,1293.3,1293.8,2.808,4.808/ Pintu
c/eng office

&HOLE XB=2430.09,2430.13,1293.38,1293.88,2.808,4.808/
Pintu DK SDR
&HOLE XB=2436.5,2437.0,1292.05,1292.09,2.808,4.808/ Pintu
Out 1 dek b
&HOLE XB=2430.09,2430.13,1298.8,1299.3,2.808,4.808/ Pintu
out 2 dek b
&HOLE XB=2434.87,2436.87,1298.49,1299.49,2.78,2.81/
Tangga dek b (PS)
&HOLE XB=2434.87,2436.87,1292.89,1293.89,2.78,2.81/
Tangga dek b (SB)
&HOLE XB=2439.31,2439.81,1294.56,1294.6,5.616,7.616/ Pintu
capt state rm
&HOLE XB=2438.79,2438.83,1298.1,1298.6,5.616,7.616/ Pintu
c/eng state rm
&HOLE XB=2437.1,2438.1,1296.2,1298.2,5.6,5.62/ Tangga dek
c
&HOLE XB=2431.92,2431.96,1298.0,1298.5,8.408,10.408/ Pintu
Batt RM (PS)
&HOLE XB=2432.72,2432.76,1293.0,1293.25,8.408,10.408/
Pintu Batt rm (sb)
&HOLE XB=2436.87,2436.91,1298.05,1298.55,8.408,10.408/
Pintu Radio rm
&HOLE XB=2438.82,2438.86,1294.75,1295.25,8.408,10.408/
Pintu Radio Off rm
&HOLE XB=2440.0,2440.5,1300.28,1300.32,8.408,10.408/ Pintu
Bridge deck (PS)
&HOLE XB=2440.0,2440.5,1291.68,1291.72,8.408,10.408/ Pintu
Bridge Deck (SB)
&HOLE XB=2437.75,2438.75,1296.5,1298.2,8.39,8.44/ Tangga
dek bridge

&VENT SURF_ID='Fire',
XB=2433.23,2435.75,1300.8,1301.8,0.008,0.008/ Vent

&VENT SURF_ID='fire dek B',
XB=2435.64,2436.64,1298.61,1299.61,0.008,0.008,
CTRL_ID='Control03'/ Vent tangga dek poop
&VENT SURF_ID='fire dek B',
XB=2438.62,2439.62,1294.23,1298.23,2.808,2.808,
CTRL_ID='Control 2/off'/ Vent dek B
&VENT SURF_ID='Fire dek C',
XB=2438.77,2439.77,1293.0,1297.5,5.616,5.616,
CTRL_ID='Control dek c'/ Vent dek C
&VENT SURF_ID='fire anjungan',
XB=2439.0,2440.0,1294.0,1298.0,8.416,8.416,
CTRL_ID='Control wheel house'/ Vent dek anjungan
&VENT SURF_ID='fire dek B',
XB=2430.59,2433.09,1300.0,1301.0,0.008,0.008,
CTRL_ID='Control c/stew'/ Vent07

LAMPIRAN B

TIME STEP SIMULATION

Starting FDS: C:\Program Files\PyroSim 2014\fds32\fds.exe...

2 threads available

Fire Dynamics Simulator

Compilation Date : Thu, 10 Jul 2014

Current Date : July 12, 2016 15:51:19

Version: FDS 6.1.1; MPI Disabled; OpenMP Enabled

Number of available threads: 2

SVN Revision No. : 19882

Job TITLE :

Job ID string : Otong_Kosasih_dengan_Pperlengka

Time Step:	1,	Simulation Time:	0.43 s
Time Step:	2,	Simulation Time:	0.85 s
Time Step:	3,	Simulation Time:	1.14 s
Time Step:	4,	Simulation Time:	1.37 s
Time Step:	5,	Simulation Time:	1.45 s
Time Step:	6,	Simulation Time:	1.52 s
Time Step:	7,	Simulation Time:	1.60 s
Time Step:	8,	Simulation Time:	1.67 s
Time Step:	9,	Simulation Time:	1.74 s
Time Step:	10,	Simulation Time:	1.82 s
Time Step:	20,	Simulation Time:	2.52 s
Time Step:	30,	Simulation Time:	3.07 s
Time Step:	40,	Simulation Time:	3.71 s
Time Step:	50,	Simulation Time:	4.11 s
Time Step:	60,	Simulation Time:	4.80 s

Time Step:	70,	Simulation Time:	5.30 s
Time Step:	80,	Simulation Time:	5.93 s
Time Step:	90,	Simulation Time:	6.44 s
Time Step:	100,	Simulation Time:	7.32 s
Time Step:	200,	Simulation Time:	18.57 s
Time Step:	300,	Simulation Time:	29.36 s
Time Step:	400,	Simulation Time:	36.34 s
Time Step:	500,	Simulation Time:	42.66 s
Time Step:	600,	Simulation Time:	51.28 s
Time Step:	700,	Simulation Time:	60.99 s
Time Step:	800,	Simulation Time:	68.75 s
Time Step:	900,	Simulation Time:	76.85 s
Time Step:	1000,	Simulation Time:	85.06 s
Time Step:	1100,	Simulation Time:	93.51 s
Time Step:	1200,	Simulation Time:	102.24 s
Time Step:	1300,	Simulation Time:	113.32 s
Time Step:	1400,	Simulation Time:	125.50 s
Time Step:	1500,	Simulation Time:	142.94 s
Time Step:	1600,	Simulation Time:	164.59 s
Time Step:	1700,	Simulation Time:	183.39 s
Time Step:	1800,	Simulation Time:	201.23 s
Time Step:	1900,	Simulation Time:	219.76 s
Time Step:	2000,	Simulation Time:	238.64 s
Time Step:	2100,	Simulation Time:	256.81 s
Time Step:	2200,	Simulation Time:	274.01 s
Time Step:	2300,	Simulation Time:	290.76 s
Time Step:	2400,	Simulation Time:	308.69 s
Time Step:	2500,	Simulation Time:	323.68 s
Time Step:	2600,	Simulation Time:	338.42 s
Time Step:	2700,	Simulation Time:	356.62 s
Time Step:	2800,	Simulation Time:	371.78 s
Time Step:	2900,	Simulation Time:	386.72 s
Time Step:	3000,	Simulation Time:	397.40 s
Time Step:	3100,	Simulation Time:	407.51 s
Time Step:	3200,	Simulation Time:	419.66 s

Time Step:	3300,	Simulation Time:	430.27 s
Time Step:	3400,	Simulation Time:	439.98 s
Time Step:	3500,	Simulation Time:	450.32 s
Time Step:	3600,	Simulation Time:	461.46 s
Time Step:	3700,	Simulation Time:	472.04 s
Time Step:	3800,	Simulation Time:	482.41 s
Time Step:	3900,	Simulation Time:	492.70 s
Time Step:	4000,	Simulation Time:	502.91 s
Time Step:	4100,	Simulation Time:	513.37 s
Time Step:	4200,	Simulation Time:	524.19 s
Time Step:	4300,	Simulation Time:	535.11 s
Time Step:	4400,	Simulation Time:	544.78 s
Time Step:	4500,	Simulation Time:	556.09 s
Time Step:	4600,	Simulation Time:	566.39 s
Time Step:	4700,	Simulation Time:	576.52 s
Time Step:	4800,	Simulation Time:	586.52 s
Time Step:	4900,	Simulation Time:	598.64 s
Time Step:	5000,	Simulation Time:	609.43 s
Time Step:	5100,	Simulation Time:	620.53 s
Time Step:	5200,	Simulation Time:	631.60 s
Time Step:	5300,	Simulation Time:	641.82 s
Time Step:	5400,	Simulation Time:	652.42 s
Time Step:	5500,	Simulation Time:	663.91 s
Time Step:	5600,	Simulation Time:	675.02 s
Time Step:	5700,	Simulation Time:	687.15 s
Time Step:	5800,	Simulation Time:	699.05 s
Time Step:	5900,	Simulation Time:	712.89 s
Time Step:	6000,	Simulation Time:	726.75 s
Time Step:	6100,	Simulation Time:	741.90 s
Time Step:	6200,	Simulation Time:	757.44 s
Time Step:	6300,	Simulation Time:	772.77 s
Time Step:	6400,	Simulation Time:	787.36 s
Time Step:	6500,	Simulation Time:	803.31 s
Time Step:	6600,	Simulation Time:	819.88 s
Time Step:	6700,	Simulation Time:	834.93 s

Time Step: 6800,	Simulation Time: 850.83 s
Time Step: 6900,	Simulation Time: 867.58 s
Time Step: 7000,	Simulation Time: 882.66 s
Time Step: 7100,	Simulation Time: 898.30 s
Time Step: 7200,	Simulation Time: 914.55 s
Time Step: 7300,	Simulation Time: 932.84 s
Time Step: 7400,	Simulation Time: 950.72 s
Time Step: 7500,	Simulation Time: 970.01 s
Time Step: 7600,	Simulation Time: 989.56 s
Time Step: 7653,	Simulation Time: 1000.19 s

STOP: FDS completed successfully (CHID:
Otong_Kosasih_dengan_Perlengka)

Starting Smokeview: C:\Program Files\PyroSim
2014\fds32\smokeview.exe...

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini mengenai pemodelan kebakaran menggunakan program *fire dynamic simulator* studi kasus: KM Otong Kosasih maka ditarik kesimpulan dari hasil yang telah didapat sebagai berikut:

1. Berdasarkan simulasi pemodelan kebakaran menggunakan program *fire dynamic simulator* didapatkan ruangan-ruangan yang mengalami kebakaran dan tidak mengalami kebakaran. Sebagian besar sesuai dengan profil kerusakan kapal tersebut dan terdapat beberapa ruangan yang tidak sesuai dengan profil kerusakan kapal tersebut. Ruangan tersebut yaitu *dirty line lkr* dan *galley* di dek poop, *c/eng office*, *c/offr's office* dan *offr's spare* di dek b. Dengan didapatkan hasil tersebut maka hipotesa dari pihak KNKT bahwa api berasal dari ruang *electrician* adalah benar.
2. Terdapat kekurangan sistem alat kebakaran di KM Otong Kosasih yaitu ketersediaan alat *heat detector* dan *fire alarm bell* untuk mendeteksi dan memberi pemberitahuan jika terdapat api sangat sedikit. Selain itu kekurangan sistem alat pemadam kebakaran yang sangat membahayakan yaitu tidak terdapat *sprinkler* yang terpasang di dek tersebut. Pada saat terjadi kebakaran *abk* kapal hanya bisa menggunakan alat pemadam ringan untuk memadamkan api sehingga api tidak dapat dipadamkan. Evaluasi yang dilakukan pada kapal tersebut yaitu pemasangan *heat detector*, *fire alarm bell* dan *sprinkler* di setiap ruangan dan koridor kapal. Hal ini dilakukan untuk dapat mengetahui secepat mungkin jika terjadi kebakaran dan *sprinkler* akan memadamkan api secara otomatis.

3. Peraturan perundang-undangan yang mengatur alat pemadam kebakaran kurang lengkap menjelaskan persyaratan alat pemadam kebakaran yang harus dimiliki kapal. Selain itu pewangasan di lapangan sangat diperlukan untuk menjamin kelayakan setiap kapal yang berlayar. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kebakaran kapal.

5.2 Saran

Setelah melakukan simulasi pemodelan kebakaran menggunakan program fire dynamic simulator studi kasus : KM Otong Kosasih, saran yang dapat diberikan untuk kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Analisis lanjutan dapat dilakukan dengan menunjau aspek kesiapan operasi awak kapal dalam melakukan penanganan kebakaran di atas kapal
2. Penelitian sebaiknya dilakukan tidak lama dari waktu kejadian kebakaran terjadi dan datang langsung ke lokasi kapal kebakaran untuk mengetahui kondisi kapal yang sebenarnya karena dapat terjadi perbedaan antara kondisi kapal sebenarnya dengan desain rencana kapal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Annex Revised guidelines for marine portable fire extinguisher
Safety of Life at Sea (SOLAS)

Annex Revised guidelines for approval of sprinkler systems
equivalent to that referred to in SOLAS regulation 11-2/12

<http://library.upnvj.ac.id/pdf/4s1kesmas/207313030/bab2.pdf>

<http://sistemmanajemenkeselamatankerja.blogspot.co.id/2013/10/tahap-tahap-kebakaran.html>

Ketentuan-ketentuan ILO tentang : Pencegahan Kecelakaan di
atas Laut dan di Pelabuhan

Kevin McGrattan, R. M. (2010). Fire Dynamics Simulator
(Version 5) User's Guide. Maryland USA

Komite Nasional Keselamatan Transportasi . (2011). Analisa
Data Kecelakaan dan Investigasi Transportasi laut Tahun
2007 - 2011.Jakarta: Kementerian Perhubungan

Peraturan Pemerintah Keselamatan Nomor 51 Tahun 2002

Peraturan Daerah DKI No.8 tahun 2008

Undang-undang No.17 Tahun 2008 Pelayaran

Wahono, E. (2008). Analisis Sistem Fire Roller Shutter Terhadap
Tingkat Keselamatan Bangunan Pasar Dengan Simulasi
Komputer. Depok: Universitas Indonesia.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Pematangsiantar pada tanggal 14 Februari 1994 dan merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Sampai saat ini penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di SDN 12230 Pematangsiantar, SMPN 7 Pematangsiantar, SMA RK BUDI MULIA Pematangsiantar dan saat ini sedang menempuh pendidikan perguruan tinggi program sarjana di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Pada saat ini penulis menjalani pendidikan di ITS, penulis mengikuti organisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan, Unit Kegiatan Mahasiswa Catur, Mahasiswa Bona Pasogit dan Alumni SMA Budi Mulia Siantar-Surabaya. Semenjak semester enam, penulis aktif menimba ilmu di Laboratorium RAMS (Reability, Avaibility, Maintainability and Safety). Penulis menyelesaikan studi strata satu (S1) dalam delapan semester.

Manuel Daud Panjaitan
manueldaud7@gmail.com